



**David Manuel
Duarte de Oliveira**

Implementação de um sistema MRP: o caso da JMS.



**David Manuel
Duarte de Oliveira**

Implementação de um sistema MRP: o caso da JMS

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Prof. Doutor do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, António e Álda, e a minha namorada Rafaela pela força e pelo amor com o qual sempre pude contar.

o júri

presidente

Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa
professora auxiliar convidada da Universidade de Aveiro

vogais

Professor Doutor Cristóvão Silva
professor auxiliar do departamento de engenharia mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
professor auxiliar convidado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao Prof. Doutor Luís Ferreira agradeço a orientação, as sugestões, a disponibilidade e os desafios propostos durante a elaboração deste trabalho e durante todo o meu percurso académico.

Ao Eng.º Ferreira da Silva agradeço todo o apoio, a orientação, o profissionalismo e a forma paternal com a qual sempre me tratou e orientou.

Ao pessoal da JMS agradeço o apoio na adaptação a empresa.

Aos meus pais agradeço a educação, a força, o amor e a paciência demonstrada durante a elaboração deste trabalho.

À minha namorada Rafaela pela forma como me faz sentir.

À Universidade de Aveiro agradeço as infra-estruturas disponibilizadas e as condições oferecidas, necessárias para a conclusão deste trabalho.

Meu muito obrigado a todos.

palavras-chave

MRP, Implementação, PME

resumo

Este trabalho pretende explicar como funciona o sistema de Planeamento das Necessidades de Material (MRP) e apresenta o processo de implementação de um desses sistemas num caso de estudo. O MRP é um sistema que foi desenvolvido para ajudar as organizações a calcular o que, quando e quanto produzir e comprar, de modo a minimizar o investimento em stocks e maximizar a eficiência das operações.

O trabalho divide-se em duas partes. A primeira parte explica o que é o Planeamento e Controlo de Produção e define ainda os aspectos fundamentais de um sistema MRP, os seus *inputs*, os seus *outputs* e a sua lógica de funcionamento. A segunda parte apresenta um caso de estudo de uma pequena empresa metalúrgica que se encontra no processo de implementação de um sistema MRP. Nessa parte explicam-se as etapas do projecto e apresenta-se o trabalho realizado até a data.

keywords

MRP, Implementation, SME

abstract

This work aims to explain how works the Material Requirements Planning (MRP) systems and introduced the process of implementing one of these systems in a case study. The MRP is a system that was developed to help organizations to calculate what, when and how much produce and buy, to minimize the investment in stocks and maximize the efficiency of operations. The work is divided into two parts. The first part explains what the Production Planning Control and also defines the fundamental aspects of an MRP system, the inputs, outputs and their logic of their operation. The second part presents a case study of a small metallurgical company that is in the process of implementing an MRP system. In this part explain to the steps of the project and is the work done to date.

Índice

| | |
|--|-----|
| Índice..... | i |
| Lista de Figuras..... | ii |
| Lista de Tabelas..... | iii |
| Lista de Abreviaturas..... | iv |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1 Cenário e motivação..... | 1 |
| 1.2 Objectivos da pesquisa..... | 2 |
| 1.3 Estrutura do trabalho | 3 |
| 2. Planeamento e Controlo de Produção (PPC)..... | 5 |
| 2.1 O que é o Planeamento e Controlo de Produção (PPC)..... | 5 |
| 2.2 Tarefas típicas de PPC..... | 7 |
| 2.3 Estrutura de um sistema de PPC..... | 9 |
| 2.4 Programação do PPC..... | 13 |
| 2.5 Dificuldades inerentes às actividades do PPC..... | 14 |
| 2.6 O impacto das decisões do PPC | 15 |
| 2.7 Um mundo em mudança..... | 17 |
| 3. Sistema MRP – Planeamento das Necessidades de Material..... | 19 |
| 3.1 Introdução..... | 19 |
| 3.2 Inputs do MRP | 22 |
| 3.2.1 O Plano Director de Produção (MPS) | 23 |
| 3.2.2 Estrutura de Produtos (BOM)..... | 25 |
| 3.2.3 Situação das existências..... | 28 |
| 3.3 Outputs do MRP | 29 |
| 3.3.1 Ordens de fabrico..... | 30 |
| 3.3.2 Ordens de compra..... | 30 |
| 3.4 A lógica do sistema MRP | 31 |
| 3.5 Exemplo de planeamento MRP | 36 |
| 3.6 Planeamento das Necessidades de Capacidade (CRP)..... | 41 |
| 3.7 MRPII..... | 43 |
| 3.8 Implementação de um sistema MRP | 45 |
| 4. Processo de implementação de um sistema MRP: o caso da JMS – Mobiliário Hospitalar, Lda | 47 |
| 4.1 Descrição da empresa..... | 47 |
| 4.2 Motivações e objectivos da implementação de um MRP na empresa.... | 49 |
| 4.3 Definição de funções e responsabilidades..... | 49 |
| 4.4 Calendarização do projecto | 51 |
| 4.5 Fase inicial..... | 53 |
| 4.5.1 Diagnóstico e balanço | 53 |
| 4.5.2 Procedimento e desenho do sistema | 57 |
| 4.5.3 Equipa MRP | 61 |
| 4.6 Outras fases | 66 |
| 4.6.1 Fase de implementação..... | 66 |
| 4.6.2 Fase de execução..... | 67 |
| 5. Conclusões..... | 69 |
| Referências Bibliográficas | 71 |
| Anexo 1 | 73 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – Esquema de planeamento e controlo de produção | 6 |
| Figura 2.2 – A função de planeamento e controlo concilia o fornecimento dos produtos e serviços de uma operação com a sua procura | 6 |
| Figura 2.3 – Enquadramento do PPC..... | 10 |
| Figura 2.4 – Visualização do impacto das decisões de PPC no desempenho da empresa..... | 17 |
| Figura 2.5 – Evolução em resposta às forças de mudança | 18 |
| Figura 3.1 – Estrutura do modelo MRP | 22 |
| Figura 3.2 – O Plano de Produção Agregado e o Plano Director de Produção | 24 |
| Figura 3.3 – Exemplo de uma vista explodida | 27 |
| Figura 3.4 – Exemplo de uma estrutura de produto | 27 |
| Figura 3.5 – Exemplo de uma estrutura de produto tipo árvore..... | 28 |
| Figura 3.6 – Programação em atraso | 32 |
| Figura 3.7 – Exemplo de uma folha de cálculo MRP | 34 |
| Figura 3.8 – Vista explodida da mesa com rodas M012..... | 36 |
| Figura 3.9 – Estrutura do produto mesa com rodas M012 | 37 |
| Figura 3.10 – Dados técnicos para a mesa com rodas M012..... | 38 |
| Figura 3.11 – Cálculo das necessidades para a mesa com rodas M012 | 38 |
| Figura 3.12 – Cálculo das necessidades para o tampo acrílico 3011..... | 39 |
| Figura 3.13 – Cálculo das necessidades para o tampo metálico 3012..... | 39 |
| Figura 3.14 – Cálculo das necessidades para a estrutura base 2050 | 40 |
| Figura 3.15 – Cálculo das necessidades para as rodas tipo metálico 5010 | 41 |
| Figura 3.16 – Estrutura geral do módulo CRP | 43 |
| Figura 3.17 – Modelo MRPII | 45 |
| Figura 4.1 – Organigrama do projecto..... | 50 |
| Figura 4.2 – Calendarização do projecto de implementação do MRP na JMS..... | 52 |
| Figura 4.3 – Layout funcional da JMS | 54 |
| Figura 4.4 - Evolução da facturação da JMS nos últimos anos | 55 |
| Figura 4.5 – Codificação dos tipos de equipamentos da JMS..... | 58 |
| Figura 4.6 – Modelo desejado para as ordens de fabrico na JMS..... | 59 |
| Figura 4.7 – modelo desejado para as fichas de identificação na JMS | 61 |
| Figura 4.8 – Estrutura da Maca Completa..... | 63 |
| Figura 4.9 – Gama operatória da Maca Completa..... | 64 |
| Figura 4.10 – Gama operatória da Maca Completa cont..... | 65 |
| Figura A.1 – Folha “Outros Encargos” do custeio da Maca Completa..... | 73 |
| Figura A.2 – Folha “Matéria-Prima” do custeio da Maca Completa | 74 |
| Figura A.3 – Folha “Componentes & Subsidiários” do custeio da Maca Completa | 75 |
| Figura A.4 – Folha “Lista de Peças” do custeio da Maca Completa..... | 76 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Plano mestre de produção para a mesa com rodas..... | 37 |
| Tabela 2 – Motivações e objectivos da implementação de um sistema MRP na JMS | 49 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|--------|--|
| APICS | <i>American Production and Inventory Control Society</i> |
| BOM | <i>Bill Of Materials</i> |
| CRP | <i>Capacity Requirements Planning</i> |
| Eng. ° | Engenheiro |
| ERP | <i>Enterprise Resource Planning</i> |
| JMS | José Marques da Silva |
| MPS | <i>Master Production Schedule</i> |
| MRP | <i>Material Requirements Planning</i> |
| MRPII | <i>Manufacturing Resource Planning</i> |
| PDP | Plano Director de Produção |
| PPC | <i>Production Planning Control</i> |
| RCCP | <i>Rough Cut Capacity Planning</i> |
| SFC | <i>Shop Floor Control</i> |
| S&OP | <i>Sales & Operations Planning</i> |

1. Introdução

1.1 Cenário e motivação

As empresas, nas duas últimas décadas, têm enfrentado significativas mudanças nos seus negócios, muito devido a forte competitividade, instabilidade e agressividade existente nos mercados. Tais mudanças implicaram alterações e/ou adequações nos seus sistemas produtivos e de gestão empresarial. A luta e conquista por cada cliente acarretam pressões para melhoria de qualidade dos produtos, redução de custos, concepção e desenvolvimento de novos produtos e definição de estratégias de curto, médio e longo prazo. Destaca-se, neste contexto, a importância do planeamento e controlo da produção (PPC – *Production Planning Control*) para o aumento da competitividade e para conseguir acompanhar o ritmo de evolução dos mercados.

O planeamento e controlo da produção são determinantes para o desempenho de um sistema produtivo. Em sistemas produtivos cuja complexidade vai crescendo com o aumento da procura, compra de novos equipamentos e aumento da variedade dos produtos, é comum que o sistema de PPC não consiga acompanhar a evolução, reduzindo o seu desempenho para níveis abaixo do sustentável, podendo muitas vezes pôr em causa a viabilidade da empresa.

Para que o PPC consiga atingir os seus objectivos, ele necessita de informações vindas de diversas áreas do sistema produtivo relacionando-se quer directa, quer indirectamente, com praticamente todos os departamentos da empresa. O departamento de produção da empresa é responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de forma a conseguir atender os planos estabelecidos a nível estratégico, tático e operacional. Considerando as actividades desenvolvidas pelo departamento de produção e pela complexidade actual dos sistemas produtivos, é necessária a utilização de ferramentas que auxiliam e apoiam a tomada de decisão.

Uma das ferramentas mais utilizadas pelas indústrias com essa finalidade é o sistema MRP – *Material Requirements Planning* ou planeamento das necessidades de material. Este facto despertou o interesse em aprofundar os meus conhecimentos, nos princípios de funcionamento desse sistema bem como a sua implementação.

As ferramentas baseadas em sistemas informáticos necessitam e exigem que as empresas possuam sistemas de informação bem organizados e estruturados para que a mudança do sistema até aí utilizado, para um sistema informatizado, seja mais rápido e permita obter resultados satisfatórios a curto e médio prazo. De facto, nem todas as empresas têm os seus sistemas administrativos organizados, o que implica, para que se consiga utilizar grande parte dos recursos oferecidos pela ferramenta computacional, uma revisão detalhada dos seus sistemas administrativos de planeamento e controlo.

1.2 Objectivos da pesquisa

Os objectivos do trabalho são explicar o que é o planeamento e controlo de produção (PPC), o planeamento das necessidades de material (MRP) e estudar a implementação de um sistema MRP, abordando os seus aspectos fundamentais, a sua lógica e os seus princípios de funcionamento.

Além disso, é apresentado um estudo de caso onde se aborda o processo de implementação de um sistema MRP numa pequena empresa metalúrgica detalhando todo o procedimento de implementação do sistema.

Os objectivos são tratados a partir de estudos anteriormente realizados, a partir de bibliografia adequada ao tema e através da apresentação de um estudo de caso, de forma a contribuir e ajudar àqueles que pretendem implementar o MRP nas suas empresas ou ainda àqueles que desenvolvem e comercializam sistemas MRP.

1.3 Estrutura do trabalho

No capítulo 1, Introdução, é apresentada uma contextualização sobre o tema, o cenário e a motivação da pesquisa e ainda são descritos os objectivos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, Planeamento e Controlo de Produção (PPC), são apresentados conceitos sobre o PPC, as suas tarefas típicas e a estrutura de um sistema de PPC. O capítulo evidencia algumas dificuldades inerentes às actividades do PPC e faz ainda uma breve abordagem ao processo evolutivo desses sistemas.

No capítulo 3, Sistema MRP – Planeamento das Necessidades de Material, são apresentados conceitos e definições relacionados com o MRP. São descritos os *inputs* e os *outputs* do sistema e a sua lógica de funcionamento. É também feita uma breve referência ao modelo MRPII, fruto da evolução do sistema MRP.

No capítulo 4, Processo de implementação de um sistema MRP: o caso da JMS – Mobiliário Hospitalar Lda, é apresentada uma breve descrição da empresa, assim como as motivações e objectivos da implementação de um sistema MRP na empresa em causa. Como o processo de implementação se encontra ainda na conclusão da fase inicial aquando o término deste trabalho, é apresentado o enquadramento geral do projecto, a calendarização do mesmo e o trabalho realizado na empresa até à data. São abordadas também as outras fases do projecto, indicando o que se pretende realizar nessas fases.

No capítulo 5, Conclusões, são apresentadas as conclusões finais desenvolvidas a partir dos objectivos propostos.

Por fim são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração do trabalho.

2. Planeamento e Controlo de Produção (PPC)

Este capítulo tem o propósito de fundamentar a discussão sobre planeamento e controlo de produção (PPC), destacando as suas principais características, tarefas, estrutura e dificuldades. O capítulo permite ainda realçar a importância do planeamento e controlo de produção e enquadrá-lo no contexto onde se insere nas organizações.

2.1 O que é o Planeamento e Controlo de Produção (PPC)

De acordo com Slack (1997), o planeamento e o controlo de produção preocupam-se em gerir as actividades da operação produtiva de modo a satisfazer a procura dos consumidores e clientes. Qualquer operação produtiva requer planos e controlo, mesmo que a formalidade e os detalhes dos planos e do controlo possam variar.

O propósito do planeamento e controlo é mesmo esse, garantir que a produção ocorra eficazmente e produza produtos e serviços conforme estabelecido. Isto requer que os recursos produtivos estejam disponíveis:

- Na quantidade adequada;
- No momento adequado;
- No nível de qualidade exigido.

O conceito de planeamento traduz algumas perguntas, tais como: o que fazer, quando fazer, como fazer e quem deve fazer, tudo isso para alcançar objectivos. O conceito de controlo está associado a conceitos, tais como: verificação, medição e correcção, servindo de base para identificação de desvios/erros e para comparação com o planeado.

A figura 2.1 ajuda-nos, de forma mais clara, a enquadrar esses dois conceitos num ambiente produtivo:

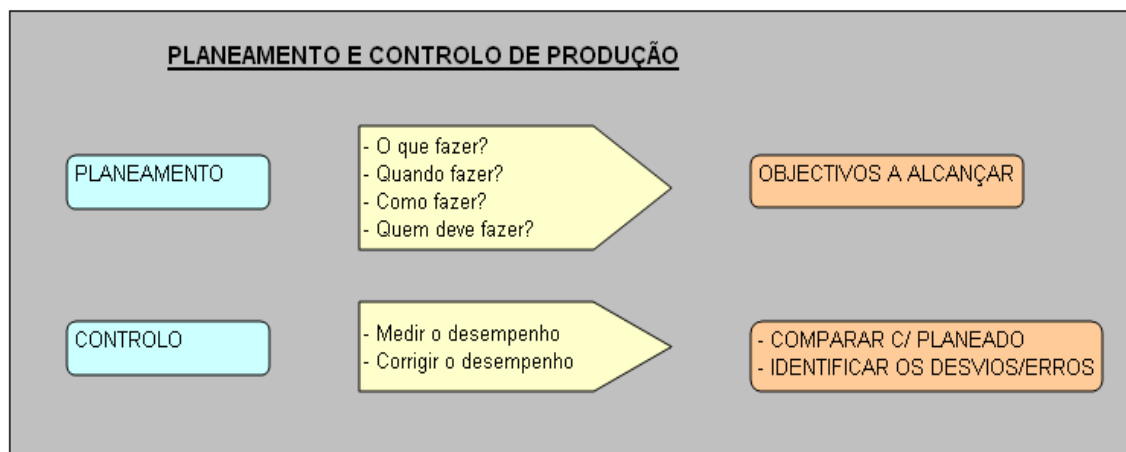


Figura 2.1 – Esquema de planeamento e controlo de produção.
Fonte: Próprio Autor

Algumas operações são mais difíceis de planear do que outras. As que têm um alto nível de imprevisibilidade podem ser particularmente difíceis de planear. Já as operações que têm um alto grau de contacto com os consumidores podem ser difíceis de controlar.

Para além disso, Slack (1997) esclarece ainda que, os diferentes aspectos do planeamento e controlo podem ser vistos como representando a conciliação entre fornecimento e procura de produtos e serviços (ver figura 2.2):

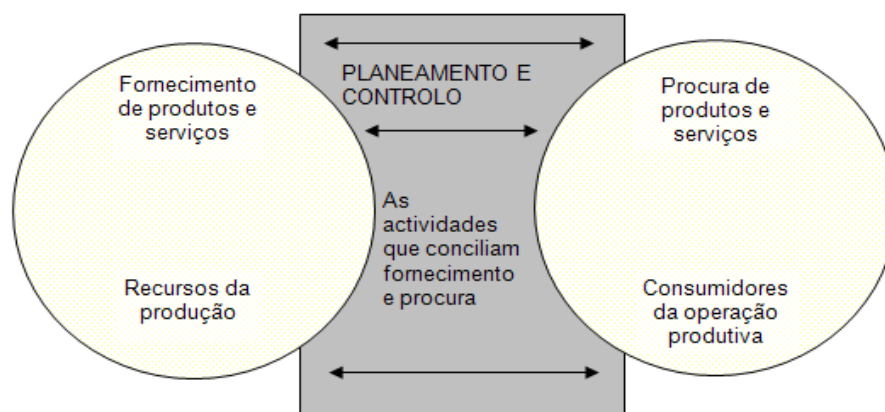


Figura 2.2 – A função de planeamento e controlo concilia o fornecimento dos produtos e serviços de uma operação com a sua procura.
Fonte: Adaptado de Slack (1997)

Um sistema de planeamento e controlo de produção fornece informação de forma a gerir eficientemente os fluxos de materiais, a utilizar eficazmente pessoas e equipamentos, coordenar as actividades internas com as dos fornecedores e comunicar com os clientes sobre as necessidades do mercado. A chave nesta definição é a necessidade da gestão em usar a informação de forma a tomar decisões inteligentes. O sistema PPC faz parte do sistema de informação do sistema produtivo e têm ênfase nos materiais, máquinas, pessoas e fornecedores.

Tanto o sistema de planeamento e controlo de produção como o próprio sistema de produção são concebidos para ir de encontro às condições do mercado e às condições impostas pela estratégia da empresa (Vollman *et al.*, 1997). O autor realça ainda que os sistemas PPC computacionais não têm a função de tomar decisões, servem somente como ferramenta de apoio às decisões, sendo da responsabilidade dos administradores e do departamento de produção tomar as decisões.

O departamento de produção é responsável por formular planos, gerir recursos físicos, direccionar recursos humanos, acompanhar as acções produtivas, agir e corrigir quaisquer desvios que porventura vierem a ocorrer; Todas essas actividades têm como objectivo atingir as metas estratégicas traçadas pela empresa. A função de PPC e seus sistemas associados é planear e controlar a produção de modo que uma empresa cumpra com as suas exigências tão eficazmente quanto possível.

2.2 Tarefas típicas de PPC

Nem todas as empresas têm a mesma percepção da função de planeamento e controlo de produção, embora haja sempre um conjunto de tarefas que são comuns à maioria das empresas. É provável que existam situações onde as tarefas que aqui são consideradas como fazendo parte do PPC estejam agrupadas em funções separadas e mesmo realizadas por diferentes departamentos da empresa. Tudo pode depender da dimensão e do tipo de organização da mesma.

Além de todo este problema ainda há muito a fazer no que diz respeito à uniformização da terminologia nesta área e por isso é muitas vezes difícil a comunicação entre diferentes entidades. De facto, pelas definições lidas em alguns livros que tratam dessa matéria, o que aqui é entendido por planeamento e controlo da produção é muitas vezes designado por gestão da produção, por outro lado, o mesmo termo pode ser usado por duas entidades mas referindo-se a conceitos diferentes. Depois de tudo isto o que é importante entender-se é que neste trabalho, embora se use uma determinada terminologia e enquadramento, não há a intenção de assumir que esta é a mais adequada.

Uma das formas de se identificar e perceber o enquadramento do PPC num sistema produtivo pode passar pela listagem das suas funções/tarefas típicas. As actividades típicas de gestão suportadas por um sistema de PPC podem incluir:

- Planeamento de necessidade de recursos, de capacidade e correspondente disponibilidade para satisfazer a procura;
- Planeamento de chegada de materiais no momento certo e nas quantidades certas para a produção dos produtos;
- Assegurar a utilização do equipamento e instalações;
- Manter existências de matérias-primas, dos produtos em curso de fabrico e dos produtos acabados nos lugares correctos;
- Programar (calendarizar, ordenar) as actividades de produção para que pessoas e equipamentos operem correctamente;
- Ter rastreio de material, pessoas, ordens dos clientes, equipamentos, sistemas de fixação, ferramentas, sistemas de transporte e outros recursos na fábrica;
- Comunicar com os clientes e fornecedores;
- Ir de encontro às necessidades dos clientes num ambiente dinâmico que pode ser difícil de antever;
- Ter capacidade de resposta rápida quando algo vai mal e problemas inesperados acontecem;
- Fornecer informação para outras funções em implicações físicas e financeiras das actividades de produção.

2.3 Estrutura de um sistema de PPC

As empresas levam a cabo actividades de planeamento e controlo da produção em variadas formas e em variados graus de detalhe. O sistema de PPC deve ir de encontro às necessidades da empresa e não o contrário. Umas empresas necessitarão de dar mais ênfase a um determinado aspecto do planeamento e controlo da produção enquanto outras empresas darão mais ênfase a outros. Num determinado caso o planeamento das necessidades de material pode ser de extrema importância e complexidade enquanto noutro caso o maior problema pode-se encontrar no controlo fabril. Daí que cada empresa deva encontrar o sistema que melhor responde às suas necessidades (Pires, 2004).

As linhas gerais do planeamento e controlo da produção são fornecidas pela gestão de topo da empresa ligando e coordenando os vários departamentos (engenharia, marketing, finanças, etc.). A gestão de topo deve manter sempre consistentes os planos estratégicos, os orçamentos departamentais, e as próprias capacidades da empresa.

Segundo Vollman *et al.* (1997) o PPC engloba quatro níveis típicos (ver figura 2.3).

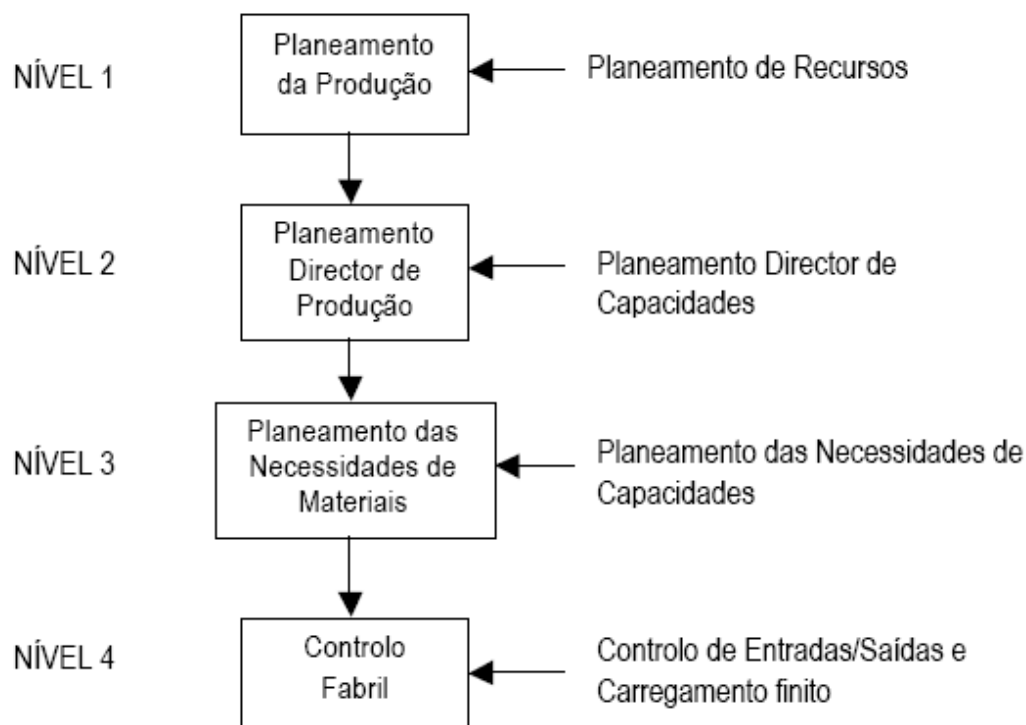


Figura 2.3 – Enquadramento do PPC.
 Fonte: Adaptado de Vollman *et al.*, (1997)

O primeiro nível (longo prazo) diz respeito ao planeamento da produção. Esta função é responsável pela geração do plano de produção agregado, plano este que reflecte a estratégia da empresa e apresenta intenção de produção normalmente para um período, segundo Corrêa (1997), de um ano ou mais. Pinto (2006) enquadra neste nível o planeamento estratégico; esse planeamento obriga a um grande esforço empresarial para entender e adaptar-se às mudanças do ambiente a fim de estabelecer e manter uma posição competitiva favorável. O planeamento da produção, também muitas vezes designado por planeamento agregado de produção, é aqui entendido como sendo a tarefa de definir para um determinado horizonte temporal, tipicamente para o próximo ano, as quantidades a produzir em termos agregados ao longo desse período. Este plano é expresso em unidades agregadas pois, para este horizonte de planeamento, ainda não são conhecidas as encomendas para produtos específicos, apenas se conhecem previsões de vendas em termos agregados (i.e. toneladas a produzir por mês, milhares de euros, contentores, etc.). Neste mesmo nível temos paralelamente ao planeamento de produção o planeamento de recursos. Este especifica a

capacidade necessária para produzir as quantidades expressas no plano ao longo do período definido para o planeamento podendo referir-se a horas/máquina, horas/homem ou mesmo a espaço fabril.

O segundo nível (médio prazo) diz respeito ao planeamento tático (Pinto, 2006), tratando-se de actividades mais técnicas e menos administrativas. Neste nível surge o plano director de produção (PDP), normalmente designado em inglês por “*Master Production Schedule*” ou MPS. Desta actividade de planeamento resulta um MPS para cada produto a produzir pela empresa. Enquanto no nível anterior se referia a um longo prazo sobre o qual ainda não há conhecimento da procura dos artigos específicos a produzir, neste nível, no qual o período é de 6 a 8 meses com incremento de tempo mensais e/ou trimestrais, já há conhecimento da procura para cada um dos artigos. As unidades apresentadas nos diversos MPS’s não são agregadas como no plano de produção agregado mas sim unidades de produtos específicos. Neste nível já existem encomendas e é nesta fase que há a transformação das encomendas em ordens de produção dos produtos finais. Esta transformação é função das encomendas, das existências, da disponibilidade de capacidade, dos prazos de entrega acordados com os clientes e também da política de produção. Paralelamente ao plano director de produção temos o planeamento director de capacidades que tem como objectivo verificar/controlar a existência ou não de capacidade para satisfazer o que está estabelecido no MPS.

No terceiro nível (curto prazo) temos o grupo de sistemas para levar a cabo o planeamento detalhado quer de materiais quer de capacidade, sendo este nível considerado como planeamento operacional (Pinto, 2006). O plano director de produção fornece informação directamente para o módulo de planeamento detalhado de materiais. Para empresas com elevadas variedades de produtos com vários componentes por produto, o planeamento detalhado de materiais pode envolver necessidades de cálculo para milhares de componentes usando uma lógica formal chamada *Material Requirements Planning* (MRP). O MRP determina (explode) planos, período a período para todos os componentes e matérias-primas necessárias para produzir todos os produtos especificados no MPS.

No último nível (curtíssimo prazo) temos o controlo da execução dos planos referidos no nível 3, quer em termos de compras quer em termos da produção na fábrica. Neste nível são tomadas decisões do tipo: qual o próximo componente a ser processado numa determinada máquina. Trata-se da programação da produção e do controlo da produção de mais baixo nível e corresponde, segundo Corrêa (1997), a um período de planeamento diário ou mesmo, muitas vezes, em tempo real. É aqui que as actividades produtivas são realizadas, é nesse ponto que ocorre a maioria das distorções entre o que foi planeado nos níveis acima é o que realmente é produzido. Aqui também, a configuração do sistema depende das necessidades do processo. Por exemplo, empresas produzindo grande variedade de produtos com milhares de componentes, muitas vezes agrupam todos os equipamentos do mesmo tipo num centro de trabalho (implantação por processo, implantação em oficina). O sistema de controlo fabril estabelece prioridades para todas as ordens de produção em cada centro de trabalho para que essas ordens de produção possam ser levadas a cabo com o melhor desempenho possível. Outras empresas agrupam diferentes equipamentos que produzem um conjunto de produtos similares num centro de trabalho chamado células de tecnologia de grupo. Para estas empresas, são apropriados os sistemas de controlo baseados na filosofia *just-in-time*¹.

A estrutura de planeamento e controlo de produção da figura 2.3 é adoptada por um vasto número de sistemas informáticos de planeamento e controlo da produção, desde o MPS até aos sistemas de controlo fabril. O planeamento da produção pode sair um pouco desta estrutura por se tratar de uma actividade de alto nível de decisão e que é feita normalmente para períodos longos e não ter o carácter tático e operacional do resto das actividades da estrutura apresentada.

¹ *Just-in-time* é um sistema de produção repetitiva no qual o processamento e movimentação de materiais ocorrem à medida que estes são necessários, usualmente em pequenos lotes.

2.4 Programação do PPC

A programação da produção está relacionada à distribuição eficiente de recursos no tempo para um eficiente processo de produção. Dado um conjunto de equipamentos e restrições tecnológicas e dadas as necessidades de produção em termos de quantidade e qualidade do produto e restrições de tempo, a programação deve encontrar uma sequência viável de operações nos vários equipamentos, que satisfaça as necessidades de produção e procura do MPS.

Tubino (1997) realça que a programação de produção está encarregada de definir quanto e quando comprar, fabricar ou montar cada item necessário à composição dos produtos acabados propostos pelo MPS, baseando-se nos registos de controlo de stocks. Para tal são emitidos ordens de compra, fabrico, pintura ou montagem, conforme o caso. Cabe ainda à programação da produção, gerar a sequência das ordens emitidas no sentido de minimizar os *lead times*² e stocks do sistema.

Dentro das estratégias de programação da produção desenvolvidas pelos sistemas disponíveis no mercado actual, o MRP é um dos que se vem a destacar. O princípio básico do MRP é o cálculo de necessidades, uma técnica de gestão que permite o cálculo, viabilizado pelo uso do computador, das quantidades e dos momentos em que são necessários os recursos de fabricação (materiais, pessoas, equipamentos, etc.), para que se cumpram os programas de entrega de produtos, com um mínimo de stocks.

A programação geralmente refere-se a um período de tempo como uma semana e tem como propósitos básicos adequar o processo de produção para satisfazer à procura do mercado, coordenar as operações, tanto as internas à empresa quanto aquelas que dependem dos fornecedores, e estimular o aperfeiçoamento nas operações.

Esta programação é uma tarefa complexa, ainda feita em grande escala através de meios manuais. Essa complexidade vem de vários factores. Primeiro, porque há um grande número de combinações possíveis a considerar. Segundo, porque os sistemas de produção são muito dinâmicos e o aparecimento constante

² *Lead time* (tempo total de execução) é o tempo que decorre entre o início de uma actividade e a sua conclusão.

de imprevistos invalidam programações previamente desenvolvidas. Terceiro, porque o processo de planeamento necessita de tempo e normalmente não há tempo para desenvolver e avaliar mais do que uma versão, traduzindo-se muitas vezes na impossibilidade de procura de uma programação melhor, que poderia resultar num desempenho mais eficiente da produção.

2.5 Dificuldades inerentes às actividades do PPC

Por se tratar de actividades muito dinâmicas e susceptíveis a inúmeras mudanças ao longo do tempo, as actividades do PPC podem estar sujeitas a algumas dificuldades. De acordo com Castro (2005), essas dificuldades inerentes ao PPC são:

- **Dificuldades de previsão da procura** – principalmente em sistemas que fabricam para stocks. Diz respeito à obtenção de melhores previsões de procura de modo a refinar as decisões do quê, quando e quanto produzir ou comprar e gerir de forma mais eficaz a capacidade de produção a fim de corresponder à procura;
- **Dificuldades em gerir prazos e prioridades** – em grandes números de empresas o prazo de entrega é imposto pelo cliente. Em muitas ocasiões, o prazo de entrega baseia-se apenas no tempo de operação do produto ou serviço em questão; no entanto deveria ser considerado também o tempo de fila que os subconjuntos do produto aguardam para entrar nas máquinas ou nos centros de produção e que é muito difícil de prever, ainda mais quando o padrão de produção é variável, onde os tempos de *setup*³ são frequentes e variáveis. Além disso, o surgimento de ordens urgentes, as quais são encaixadas na programação da produção, dificulta também o cumprimento de prazos já acordados com outros clientes;
- **Dificuldade na gestão de recursos humanos** – o aumento repentino de pedidos, ou seja, um padrão de procura bastante variável obriga as

³ *Setup* é o tempo decorrido para a troca (ferramenta, programa, equipamento) de um processo em execução até a inicialização de próximo processo (ex.: tempo que se demora para trocar um molde numa máquina de injeção de plásticos).

peessoas responsáveis pelo PPC a organizar o contingente de mão-de-obra directa, estendendo turnos, contratando ou dispensando funcionários ou ainda pagar horas extraordinárias, o que causa aumento nos custos de produção;

- **Dificuldade na gestão de stocks de matéria-prima** – o PPC tem dificuldade em estabelecer datas e quantidades de compra de matérias-primas quando há baixa previsibilidade da procura, fazendo com que possa haver falta ou excesso de matérias-primas em stock em função da variabilidade da procura;
- **Perda de eficiência devido a constantes mudanças na programação** – quando a empresa enfrenta um padrão de procura variável, o dimensionamento de lotes para o atendimento da carteira de pedidos e para a reposição de stocks de produto acabado é prejudicada, pois produtos diferentes do planeado são fabricados gerando assim ineficiência e um custo de *setup* elevado, aumentando também o stock de material em processo.

2.6 O impacto das decisões do PPC

As decisões do PPC têm um grande impacto nos objectivos da empresa e podem significar, muitas vezes, o sucesso ou não da mesma. O que fazer, quando, quanto, como e quem, são algumas perguntas às quais o planeamento e controlo de produção tem que responder e por consequência tomar decisões. Essas perguntas definem quatro factores determinantes para o desempenho das empresas:

1. Os níveis de stocks de matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados;
2. Os níveis de utilização e de variação da capacidade produtiva e consequentemente os custos financeiros e organizacionais de ociosidade, horas extras, demissão, contratação e outros;

3. O nível de atendimento à procura dos clientes, considerando a disponibilidade dos produtos em termos de quantidades e prazos de entrega;
4. A competência da programação e reprogramação da produção, abordando a forma como a empresa reage às mudanças não previstas nos seus recursos de produção e na procura dos clientes.

Segundo Slack (1993), o desempenho do PPC e consequentemente a qualidade das suas decisões estratégicas, também tem um impacto directo no desempenho da produção, desempenho esse caracterizado pelos cinco objectivos de desempenho (ver figura 2.4):

1. Custo, que diz respeito à capacidade da empresa produzir produtos com alta eficiência na utilização dos seus recursos produtivos;
2. Qualidade, que se refere a produzir produtos com as especificações e que atendam às necessidades e expectativas dos clientes;
3. Velocidade, que está relacionado com a habilidade da empresa em entregar os seus produtos mais rapidamente que a concorrência;
4. Pontualidade, que representa a capacidade da empresa cumprir os prazos de entrega prometidos;
5. Flexibilidade, que se conceitua como a habilidade da produção se adaptar, com eficácia e eficiência, às mudanças não planeadas no seu ambiente interno e externo.

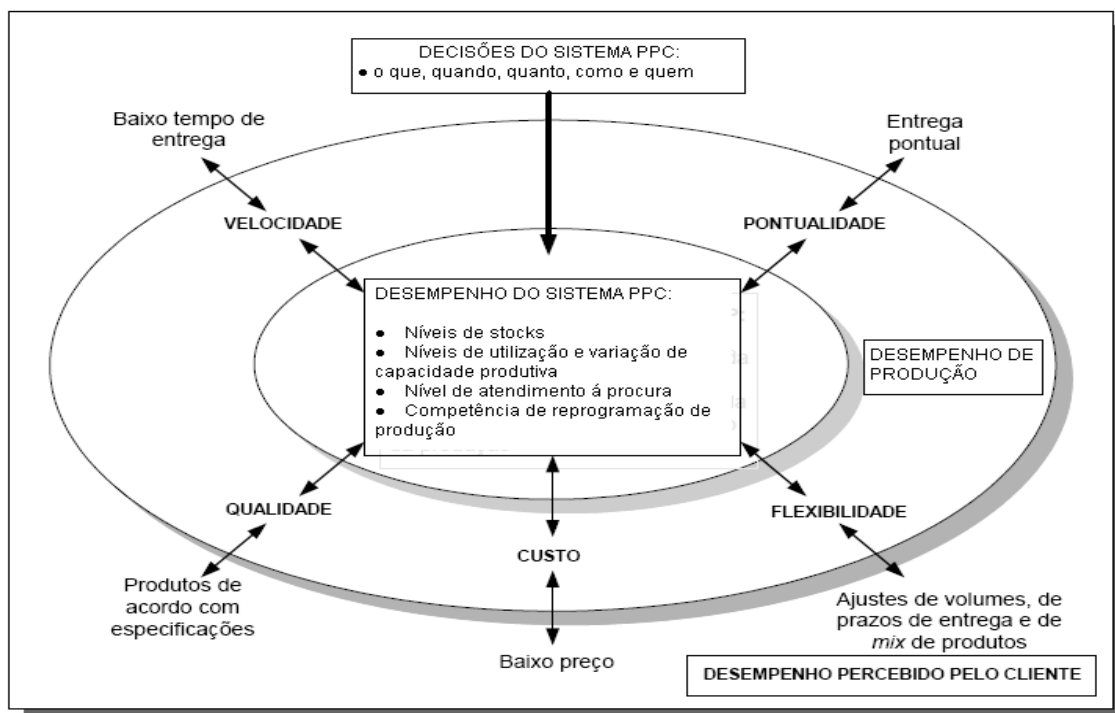


Figura 2.4 – Visualização do impacto das decisões de PPC no desempenho da empresa.
Fonte: Adaptado de Slack (1993)

2.7 Um mundo em mudança

Também ao nível dos sistemas de planeamento e controlo da produção se tem feito sentir a influência da globalização económica, bem como das novas tecnologias de informação. A tecnologia dos sistemas de PPC tem variado ao longo do tempo. Algumas das técnicas só foram passíveis de serem introduzidas com o aparecimento dos computadores. A mudança mais recente reside no uso de sistemas on-line. Estes sistemas permitem uma diferença fundamental de operação, que se baseia na capacidade de redução drástica de relatórios em papel permitindo consequentemente a correcção diária do processo de planeamento. Para lá da redução de inventários, esta capacidade torna o planeamento e execução dos sistemas de PPC muito mais dinâmico.

A própria configuração de um mesmo sistema produtivo é cada vez mais passível de mudança, incrementando a complexidade do já por si complexo processo de planeamento e controlo da produção (células de fabrico, *just-in-time*). Mudanças nos relacionamentos entre fornecedores e clientes têm mudado de

forma a alterar as abordagens ao planeamento e controlo de produção. É importante referir que a tendência futura dos sistemas de PPC vai no sentido de cada vez mais sair dos limites da empresa. A ligação/integração com os fornecedores e clientes permitirá o alcançar de melhores desempenhos.

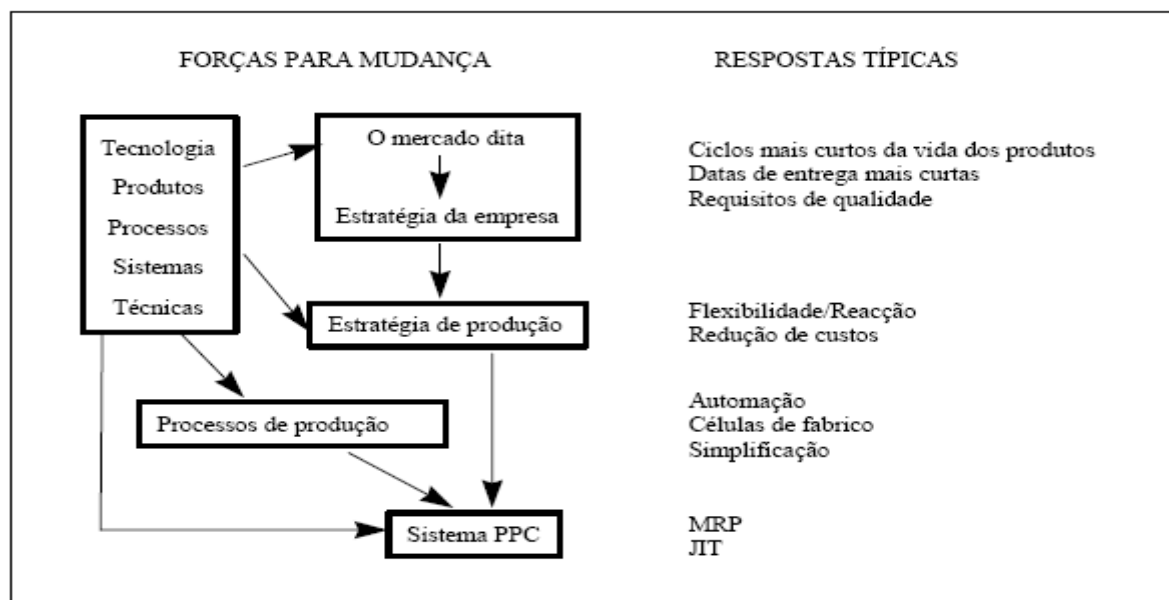


Figure 2.5 – Evolução em resposta às forças de mudança.
Fonte: Adaptado de Vollman *et al.*, (1997)

A figura 2.5 representa algumas respostas típicas de empresas às mudanças das condições de mercado. Novas tecnologias, produtos, processos, sistemas e técnicas, permitem novos desafios às empresas. É também certo que a competição global intensifica ainda mais alguns destes desafios. Para se ser competitivo já não basta produzir a baixo custo e com qualidade, também é necessário ter prazos de entrega baixos e produzir produtos diferentes. Ganhar o jogo da competitividade requer flexibilidade e agilidade. O mercado influencia as mudanças de estratégia, que por sua vez ditam a estratégia da produção, processo de fabrico e consequentemente a abordagem que sustenta o sistema de PPC. Para convergir com as necessidades do mercado, muitas vezes, são requeridas mudanças nos próprios processos produtivos da empresa. Contudo, na maior parte dos casos é necessários intervir ao nível do sistema de planeamento e controlo de produção, uma vez que é com base na sua acção que se interpretam as directivas estratégicas.

3. Sistema MRP – Planeamento das Necessidades de Material

O propósito deste capítulo é apresentar e fundamentar como é feito o planeamento das necessidades de material por meio do sistema MRP. A definição e os princípios básicos do seu funcionamento e todos os conceitos que lhe são relacionados, entre os quais a estrutura de produtos, o plano director de produção e a situação de existências, entre outros, serão aqui explicados.

3.1 Introdução

A dispersão e o vertiginoso crescimento das organizações do sector secundário, durante o período do final da Segunda Guerra Mundial e meados de 1950, trouxeram uma série de novos desafios para os novos sistemas de produção em larga escala. O controlo de produção tornou-se uma tarefa complexa, consequência do aumento do ritmo de produção que originou, por parte das organizações, uma elevada necessidade de procura de nova mão-de-obra.

Grande parte das indústrias apenas estava capacitada para desenvolver planos de produção baseados na carteira de pedidos firmes de clientes. Nessa época a economia americana sofreu uma forte procura que originou uma grande quantidade de pedidos pendentes, que podiam variar entre 12 a 18 meses. Esta situação cómoda fez com que as empresas trabalhassem por trimestres seguindo uma técnica chamada “Sistema de Solicitação Trimestral”. Os pedidos serviam como previsão da procura que, por serem muitos, não precisavam ser previstos, apenas estudados trimestralmente.

A partir da década de 60, esta situação chegou ao seu fim, tornando a previsão da procura cada vez mais importante, já que os pedidos começavam a escassear e as empresas precisavam de antecipar a procura futura. Foi a partir desse momento que se multiplicaram os stocks; começaram-se a tornar cada vez mais volumosos, quer em tipo, quer em quantidade. Havia stocks de matéria-

prima, de componentes, de material em processo e de produtos acabados em quantidades que nunca tinham existido antes nem mesmo imaginadas (Jurandir, 2007). O mesmo autor diz-nos ainda que o novo contexto empresarial exigia que se utilizassem novas técnicas de administração, mais amadurecidas e mais ajustadas à nova realidade de um ambiente produtivo muito mais complexo do que outrora. Estes desafios foram analisados e trabalhados, ao longo do último século, resultando no contexto industrial que se vive na actualidade.

Vários foram os eventos que contribuíram para a modernização na área industrial. Inicialmente foram introduzidos conceitos como a divisão do trabalho e o estudo de tempos e movimentos, que foram seguidos de avanços na padronização, qualidade e estudos de *layout*⁴. Um dos desafios mais marcantes no cenário industrial dizia respeito à administração de materiais.

A importância da administração de materiais foi logo percebida quando as linhas de montagem deixavam de produzir por falta de alguma matéria-prima ou componente. Nestes momentos, a importância de um simples parafuso passa a ser a mesma de qualquer componente complexo e caro. A falta de qualquer componente pode interromper a produção causando consideráveis prejuízos ou exigir que seja feito trabalho adicional fora da linha, para se incluir, posteriormente, os componentes em falta. Produtos que não podem ser vendidos por não estarem completos têm que ser mantidos em stocks até que a situação seja corrigida. Isto gera custos (custos de stocks e custos mão-de-obra) que podem ser bastante expressivos, se comparados ao custo das peças em falta, motivo pelo qual o planeamento de materiais deve ser feito de forma criteriosa.

Infelizmente para as indústrias, apenas a partir da chamada terceira revolução industrial, a revolução da tecnologia da informação, é que se atingiu o estado da arte necessário para a criação de uma ferramenta de gestão eficiente, neste sentido. Foi um software desenvolvido pelas indústrias de máquinas CASE com a IBM (sob a direcção do então director de produção, Dr. Joseph A. Orlicky.) que ficou conhecido pelas iniciais MRP (de *Material Requirements Planning*).

⁴ *Layout* é um vocábulo de origem anglo-saxónica muito popular na indústria e nos serviços, que significa ocupação do espaço. É a distribuição dos recursos pelo espaço disponível. Trata-se portanto da configuração espacial dando particular atenção ao fluxo de pessoas, materiais e informação através do sistema de operações.

De acordo com o Dicionário APICS⁵, 7ª edição, de 1995 o MRP é:

“ Um conjunto de técnicas que usam as estruturas de produtos, a situação de existências e o plano director de produção para calcular as necessidades de materiais. O MRP avisa quanto à necessidade de reabastecimento de materiais. Para além disso, por se basear em períodos, o MRP emite recomendações para as reprogramações de ordens de fabrico quando as datas de produção e as datas das necessidades não coincidem. O período do MRP inicia com a lista de produtos vinda do MPS e determina:

- 1. A quantidade de todos os componentes e materiais necessários para fabricar os produtos.*
- 2. A data que os componentes e materiais são necessários.*

O MRP percorre, pela explosão, a lista de materiais, ajustando as quantidades do inventário em mãos e em processo, e compensando o conjunto de necessidades com os lead times apropriados”.

Segundo Roldão (1995), o MRP é um sistema de controlo de existências que procede às ordens de compra e fabrico em resposta a um plano director de produção e a uma explosão de materiais, não incluindo programação de capacidade. Ou seja, o MRP inicia-se com o planeamento agregado e, a partir daí, com base nas previsões de procura e nas encomendas existentes, estabelece um plano director de produção (MPS). De seguida é induzida a explosão, que consiste no cálculo das necessidades líquidas de cada componente tendo em conta os prazos de entrega. Assim a explosão é realizada com base no MPS, na estrutura de produtos e na situação das existências, como se pode verificar na figura 3.1:

⁵ APICS é sigla de “American Production and Inventory Control Society”, organização Americana que se ocupa, entre outras coisas, de congregar académicos da área de planeamento e controlo de produção, padronizar uso de termos, certificar profissionais, editar periódicos e promover congressos relacionados ao tema.

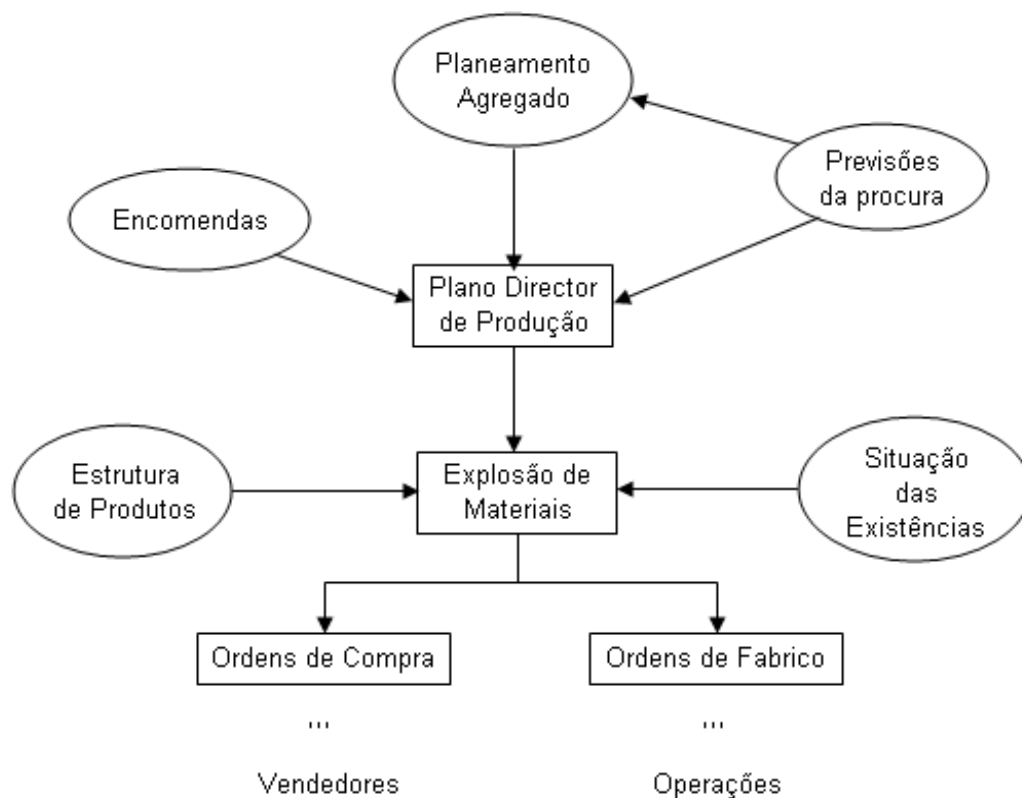


Figura 3.1 – Estrutura do modelo MRP.
Fonte: Adaptado de Roldão (1995)

A situação das existências é uma base de dados que contém os saldos dos stocks permanentemente actualizados. A estrutura de produtos é uma base de dados que contém as gamas operatórias, as sequências de operação por produto e os equipamentos onde são realizadas as operações. No capítulo seguinte o MPS, a estrutura de produtos e a situação de existências serão definidos em maior pormenor.

3.2 Inputs do MRP

Os sistemas MRP são constituídos, como já anteriormente referido, por três inputs, que são: o plano director de produção (MPS), a estrutura de produtos (BOM) e a situação das existências.

3.2.1 O Plano Director de Produção (MPS)

O MPS, munido das informações vindas das previsões da procura e com a participação dos departamentos de vendas, produção e compras, realiza o planeamento desagregando as famílias de produtos em produtos e componentes. De acordo com o Dicionário APICS, 7ª edição, de 1995, o plano director de produção é:

“Uma declaração do que a empresa espera produzir. Estabelece antecipadamente o plano da produção dos itens a atribuir ao plano director. O plano director mantém esse plano que, por sua vez, se torna numa série de decisões de planeamento que comandam o planeamento de necessidades de materiais (MRP). Representa, ainda, o que a empresa pretende produzir expresso em configurações, quantidades e datas específicas. O plano director não é uma previsão de vendas que representa um índice de procura, o plano director deve levar em conta a previsão, o plano de produção, e outras importantes considerações igualmente importantes como solicitações pendentes, disponibilidade de material, disponibilidade de capacidade, políticas de gestão e metas.”

O MPS é um *input* indispensável, tal como os outros dois (estrutura de produtos e situação das existências), e o mais importante do MRP. Segundo Tubino (1997), o MPS tem por objectivo desmembrar os planos produtivos estratégicos de longo prazo em planos específicos de produtos acabados para médio prazo, direccionando todas as etapas da programação e execução das actividades operacionais da empresa (fabricação, montagem e compras).

Na sua elaboração todas as áreas da empresa que tem contacto mais directo com a fabricação estão envolvidas, tanto para fornecer como para utilizar informações do MPS. Por exemplo, a área de finanças coordena os gastos com horas extras, stocks, novos equipamentos; a área de marketing elabora o plano

de vendas e a previsão da procura; a área de produção limita a capacidade e as instalações; fornece ainda padrões actualizados de tempos e consumos de materiais para a execução das tarefas; a área de compras informa as necessidades referentes a logística de fornecimento externo; e a área de recursos humanos apresenta plano de contratação e formação de colaboradores, etc.

Chase *et al.* (2004) apresenta-nos, na figura 3.2, como se procede o MPS:

Plano de Produção Agregado de Colchões

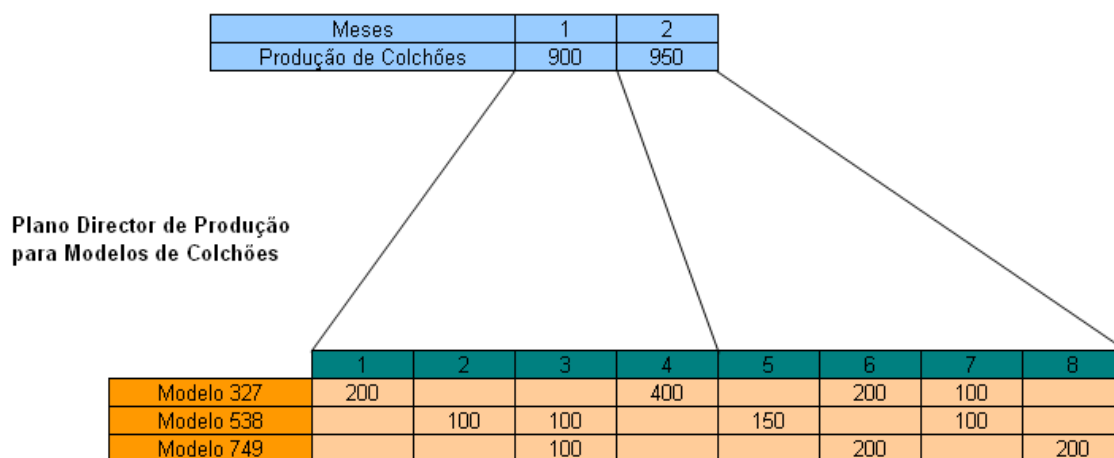


Figura 3.2 – O Plano de Produção Agregado e o Plano Director de Produção.

Fonte: Adaptado de Chase *et al.* (2004)

Como podemos verificar, a figura mostra-nos um plano de produção agregado com o número total de colchões a produzir por mês. O que acontece é que o MPS desagrega os colchões em modelos de colchões e o mês em semanas, especificando assim o tipo exacto de colchão e a sua quantidade a produzir por semana. No nível mais abaixo teremos, então, o MRP que irá fazer a explosão de materiais dando-nos, detalhadamente, os componentes e as suas quantidades necessárias para fazer os colchões especificados no MPS.

Por fim, segundo Tubino (1997), a determinação dos intervalos de tempo que compõem o MPS depende da velocidade de fabricação do produto incluído no plano e da possibilidade de se alterar o mesmo. Já em relação ao horizonte de planeamento podemos dividir o MPS em dois níveis, com objectivos diferentes: um nível de curto prazo, onde o MPS serve de base para a programação da produção e para a ocupação dos recursos produtivos, sendo que, mudanças

neste nível são caras e indesejáveis; e um nível de longo prazo, onde o MPS serve para o planeamento da capacidade de produção e para as negociações com os diversos sectores envolvidos na elaboração do plano.

3.2.2 Estrutura de Produtos (BOM)

A estrutura de produtos, também conhecida por *Bill Of Materials* (BOM) ou por árvore de produtos é constituída, segundo Stevenson (2007), por todos os conjuntos, subconjuntos, peças e matéria-prima necessários para produzir uma unidade de um produto final. O autor, esclarece-nos ainda que a lista de materiais na estrutura de produtos é hierárquica, ou seja, é dividida por níveis.

Pinto (2006) diz-nos ainda que a BOM deve identificar a natureza dos materiais (comprados ou fabricados), a quantidade e a sua posição na estrutura de produto (nível). Deve de ser revista com frequência para que produtos e processos se tornem mais eficientes, visto que são constantemente alvos de alterações.

Uma BOM pode ser apresentada sob vários formatos dependendo da sua aplicabilidade. No que diz respeito ao sistema MRP, a BOM deve de ser apresentada sob forma de uma base de dados informatizada para que o sistema possa processar a sua estrutura e em função desta determinar as necessidades líquidas de materiais. Aspectos importantes associados à BOM de um produto (Pinto, 2006):

- Todo e qualquer material que conste de uma BOM deve ser codificado. A codificação não se deve limitar à identificação dos componentes da BOM, devendo ser concebida de forma a garantir benefícios efectivos à gestão de operações e à engenharia do produto e do processo;
- Os dados existentes nesta base de dados devem ser actualizados de forma a minimizar erros de planeamento;
- Numa BOM deverá ser sempre possível fazer a distinção entre a procura independente⁶ e a procura dependente⁷;

⁶ Um material está sujeito a procura independente quando a sua procura não ser relacionada com a procura de outro item.

- A numeração dos níveis de uma BOM deve iniciar-se com a procura independente (nível 0);
- A abertura (ou explosão) da BOM deve ser feita nível a nível começando pelo nível 0 até ao nível n ;
- O fecho (ou implosão) da BOM deve iniciar-se no nível n e gradualmente subir até ao nível do produto acabado (nível 0);
- As quantidades (necessidades) em cada nível são determinadas com base no elemento pertencente ao nível imediatamente acima. Para o nível 0 não deverá ser inscrita qualquer quantidade, dado que se trata de procura independente e, como tal, apenas o mercado poderá definir essa quantidade.

A figura 3.3 que se segue apresenta a vista explodida de um produto (mesa com rodas); a partir desta vista é possível identificar todos os materiais que constituem a lista de materiais:

⁷ Um material está sujeito a procura dependente quando a sua procura está relacionada com a procura de outro item.

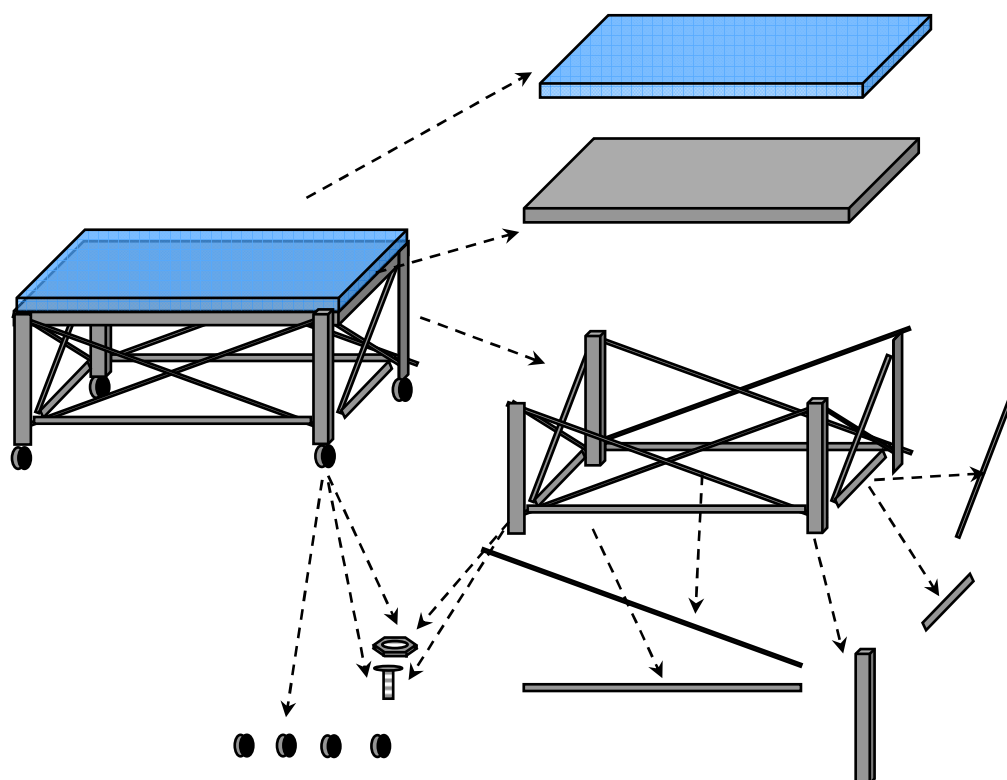


Figura 3.3 – Exemplo de uma vista explodida.
Fonte: Próprio Autor

A partir da vista explodida do produto podemos realizar a sua BOM que podemos ver a seguir na figura 3.4:

| Codificação | Descrição | Quant. | Unidades | Nível |
|-------------|---------------------|--------|----------|-------|
| M012 | Mesa com Rodas | 1 | unid | 0 |
| 3011. | Tampo acrílico | 1 | unid | 1 |
| 3012. | Tampo metálico | 1 | unid | 1 |
| 2050. | Estrutura base | 1 | unid | 1 |
| 2001. | Perna metálica | 4 | unid | 2 |
| 2002. | Travessa Horiz. peq | 2 | unid | 2 |
| 2003. | Travessa Horiz. gde | 2 | unid | 2 |
| 2004. | Travessa peq. | 4 | unid | 2 |
| 2005. | Travessa gde | 4 | unid | 2 |
| 1001. | Parafuso aço M6 | 16 | unid | 2 |
| 1011. | Porca aço M6 | 16 | unid | 2 |
| 5010. | Roda tipo metálico | 4 | unid | 1 |
| 1001. | Parafuso aço M6 | 4 | unid | 1 |
| 1011. | Porca aço M6 | 4 | unid | 1 |
| 9001. | Tinta | 0,25 | litro | 1 |

Figura 3.4 – Exemplo de uma estrutura de produto.
Fonte: Próprio autor

Na BOM constam todos os materiais necessários para fabricar a mesa com rodas e as suas respectivas quantidades. Temos ainda o nível para cada um, sendo que para fabricar uma estrutura base temos que ter todos os componentes que estão no nível imediatamente abaixo disponíveis nas quantidades exigidas. Temos ainda a codificação, essa que distingue a procura independente da procura independente (M012 é a procura independente, tudo o resto é procura dependente), ainda identifica a natureza do material, se é fabricado ou comprado.

Stevenson (2007) refere ainda que a Estrutura de Produtos pode ser visualizada em forma de árvore. Na figura 3.5 verificamos a estrutura da mesa com rodas em forma de árvore:

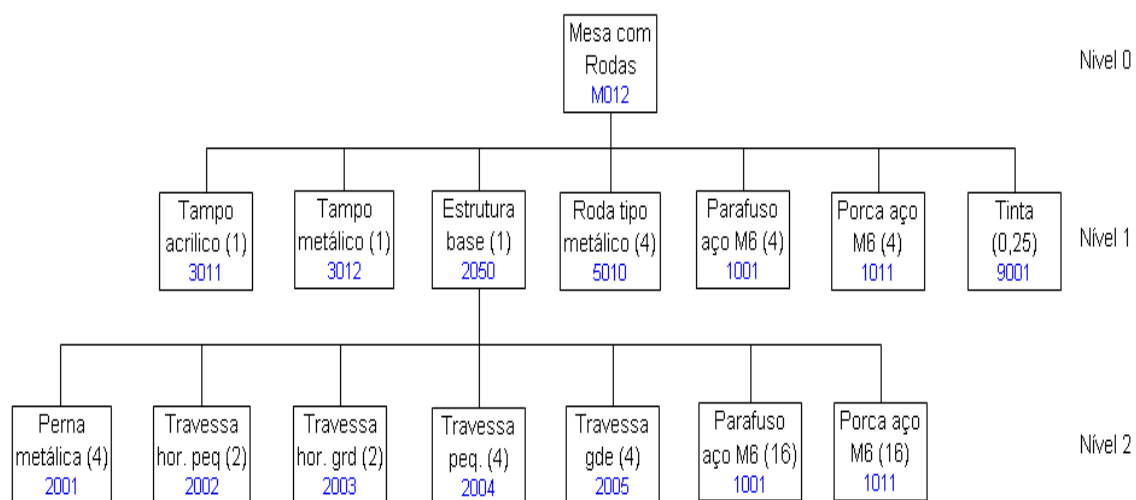


Figura 3.5 – Exemplo de uma estrutura de produto tipo árvore.
Fonte: Próprio autor

3.2.3 Situação das existências

Antes de determinar as necessidades totais de materiais para atender à procura, o MRP verifica a quantidade disponível em stock de cada produto final, sub-montagens do produto e componentes desse para que se possa calcular o que é chamado de necessidades líquidas (Orlicky, 1975).

A situação das existências de cada um dos itens existentes nas estruturas de produtos devem ser conhecidos a cada instante para que o sistema MRP possa decidir sobre as quantidades necessárias a produzir ou a adquirir para cada item. Manter registos fiáveis do estado do inventário é vital para o bom funcionamento de um sistema MRP. Se alguma entrada ou saída do armazém de algum item não for acompanhada de uma actualização dos ficheiros referentes ao estado do inventário pode por em causa todo o funcionamento eficaz do sistema MRP e consequentemente de todo o sistema produtivo. Na base de dados da situação das existências temos arquivos que apoiam a gestão dos stocks; são arquivos de itens/componentes, de transacções e de locais.

O arquivo de itens/componentes contém o código do item, cada um identificado por uma codificação padrão, de modo a não haver confusão entre as pessoas que compram o item e aqueles que o fornecem e, ainda aquelas que o utilizam no processo produtivo. Além disso o arquivo contém a sua descrição, unidade de medida e o seu custo padrão.

O arquivo de transacções regista as entradas e saídas de stocks assim como a sua movimentação em tempo real evitando o desfasamento das informações. O arquivo obriga, no caso de uma grande empresa, a ter um grande número de terminais de computador necessários para essas operações mas os benefícios de processamento em tempo real ultrapassa de longe qualquer custo adicional de equipamento.

O arquivo de locais é um sistema de localização de itens/componentes específicos em armazéns ou pontos de stocks. Existem sistemas de localização fixa, onde cada item pode ser localizado em determinado local, ou sistemas de localização aleatória, que se destacam por garantir a rotatividade física dos stocks, simplificando a implementação de um sistema *just-in-time*.

3.3 Outputs do MRP

Os sistemas MRP são constituídos, como já anteriormente referido por dois outputs que são: as ordens de compra e as ordens de fabrico.

3.3.1 Ordens de fabrico

Segundo Jurandir (2007) as ordens de fabrico são autorizações, enviadas via escrita ou via sistema, dirigida para um determinado sector ou departamento para fabricar uma determinada quantidade de itens ou componentes.

As ordens de fabrico são elemento chave da produção, pois transportam consigo a definição dos produtos, materiais, ferramentas, centros de trabalho, e tempos unitários de fabrico. Nas ordens de fabrico constam elementos como:

- O número da ordem de fabrico;
- O código do produto a fabricar e a sua descrição;
- A data de inicio e a data de entrega do produto em causa;
- A quantidade a produzir;
- O cliente;
- Ainda pode constar o tempo de processamento para cada conjunto ou subconjunto do produto e as respectivas células de fabrico onde são processadas.

3.3.2 Ordens de compra

Segundo Jurandir (2007) as ordens de compra são autorizações, enviadas via escrita ou via sistema, dirigida para um determinado fornecedor externo para facturar e entregar uma determinada quantidade de matéria-prima ou componente. As ordens de compra podem ser:

- Standard: ordens de compra manuais ou criadas automaticamente a partir de requisições;
- Conforme acordo geral de compras: especificam artigos (matéria-prima ou componentes) e suas respectivas condições;
- Conforme contrato de acordo de compra: gera notas de encomenda planeadas onde se indicam as datas de entrega de artigos com condições previamente estabelecidas.

Nas ordens de compra constam elementos como:

- Nome da empresa requisitante e contactos;
- O número da ordem de compra;
- O nome da empresa fornecedora, código e contactos;
- A data de lançamento da ordem de compra, a data de entrega dos artigos;
- A descrição do artigo que se quer comprar, as quantidades, as unidades, o respectivo preço unitário, a percentagem de desconto e o total.

3.4 A lógica do sistema MRP

Existem alguns parâmetros fundamentais do MRP que necessitam ser definidos para se compreender a lógica do MRP. Esses parâmetros são: desfasamento do tempo, stock de segurança, tamanho do lote e *lead time*.

Segundo Pinto (2006) a lógica de planeamento MRP para a determinação das datas de início para o fabrico ou compra de materiais é feita considerando a data de entrega e o desfasamento do *lead time*. Ou seja, se um dado artigo é para ser entregue no dia 7 e o tempo de fabrico (*lead time*) é de quatro dias, a data de início de fabrico deverá ser no dia 3 (*i.e.*, 7-4). Isto significa que o utilizador terá de informar ao sistema MRP qual a data de entrega para a procura independente e em função desta, e da estrutura do produto (BOM), o MRP irá calcular as datas de início e de fim de todos os materiais que constituem o produto final.

Associado ao conceito de desfasamento do tempo (em inglês *offset*) está o conceito de programação em atraso. Todo o planeamento MRP é feito em atraso, *i.e.*, da data de entrega do produto final até a data de início de compra ou fabrico do componente no último nível da BOM. A figura 3.6 apresenta a modalidade de programação em atraso:

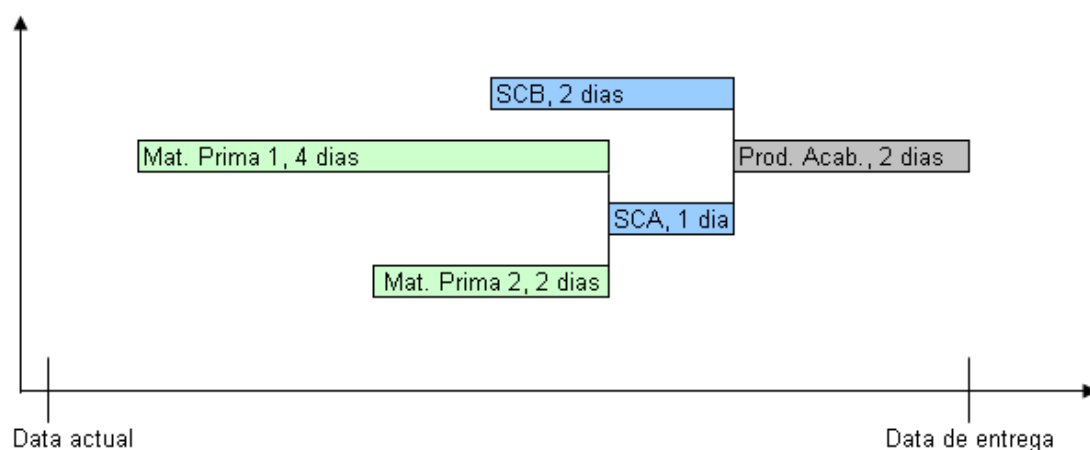


Figura 3.6 – Programação em atraso.
Fonte: Adaptado de Pinto (2006)

Segundo Pinto (2006) as empresas tendem a acumular certas quantidades de stocks, nos armazéns ou no *shop floor*⁸, para responder a situações imprevistas como, por exemplo, atrasos ou consumos superiores ao normal.

O sistema MRP permite trabalhar com stocks de segurança para todos os materiais e em todos os níveis da BOM. De notar que a existência de stocks de segurança para um dado material não deve de ser entendida como uma necessidade. Em teoria, os materiais identificados como procura dependente não necessitariam de manter stocks de segurança dado que o seu consumo é desencadeado pelo consumo de materiais dos níveis superiores. No entanto, a existência de problemas ao nível da fábrica e as falhas no fornecimento levam à acumulação de stocks nos vários níveis da BOM. Alternadamente à acumulação de stocks de segurança (considerando todos os custos e riscos que estão associados à posse de stocks) muitas empresas optam por *lead times* de segurança, ou seja, aumentam o tempo iniciando a compra ou o fabrico antes do tempo.

Quanto ao tamanho do lote, Pinto (2006), esclarece que para facilitar o processo de planeamento de material e não renegando a sua origem, o sistema MRP trabalha com lotes fixos. Um lote é uma quantidade de materiais ou produto que está sujeito a um dado processamento (ex.: fabrico ou transporte). Trabalhar com lotes fixos é uma desvantagem do MRP, dado que ao nível das operações os

⁸ Em português chão de fábrica. Representa toda a área fabril.

lotes têm muitas vezes de serem agregados ou desagregados em função das necessidades. Um aspecto pouco claro é a determinação do lote. A investigação operacional produziu vários modelos para a determinação de lotes, contudo a sua aplicabilidade prática é muito limitada. Actualmente, o desenvolvimento de softwares de simulação permitem calcular lotes de fabrico através da consideração simultânea de vários aspectos e variáveis. O MRP permite trabalhar com diversas políticas de lotes. Desde o lote igual a “1” (designado por *lot-for-lot*) até ao lote fixo calculado com base em custos totais ou unitários. Por norma as empresas tendem a aumentar os seus lotes de fabrico para camuflarem os seus problemas (ex: atrasos nas entregas, *layout* mal desenhado, avarias e problemas de qualidade).

O *lead time* é, como já referido anteriormente, o tempo que decorre entre o início de uma actividade e a sua conclusão, *i.e.*, é um tempo composto por duas componentes:

- Tempo de operação (*run time*) – Tempo a que correspondem as actividades que acrescentam valor aos produtos ou serviços. Exemplos de tempos de operação são atender um cliente, pregar um botão numa peça de roupa ou ainda montar componentes;
- Tempos de espera (*waiting time*) – Tempo que corresponde às actividades que não acrescentam valor (desperdício), apenas tempo e custo. A componente de tempo de espera é por norma superior à componente que acrescenta valor. Exemplos de tempos de espera são os transportes, avarias, acidentes, *setups* de equipamentos.

O sistema MRP assume o *lead time* como sendo fixo, no entanto ele é variável devido à presença dos tempos de espera. Assumir o *lead time* como fixo é outros dos pontos fracos do MRP, levando o operador a inflacionar os tempos de planeamento para considerar margens de segurança que o protejam de variações indesejáveis ou desconhecidas (Pinto, 2006).

Explosão é o processo de transformar os requisitos de um produto em requisitos de componentes e conjuntos para montagem, levando em linha de conta a situação das existências e as recepções programadas. Assim a explosão

pode ser vista como o processo de determinação, para cada item, das quantidades dos respectivos componentes requeridos, continuando esse processo para todos os artigos até as necessidades de componentes e/ou matérias-primas a comprarem ou fabricar, calculados em função da BOM.

A lógica do MRP é normalmente aplicada sob a forma de uma folha de cálculo, tal como se pode ver na figura 3.7:

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Código: _____ | Horizonte de planeamento | | | | | | | | | |
| Lead Time: _____ | | | | | | | | | | |
| Lote: _____ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Stock de segurança: _____ | | | | | | | | | | |
| Necessidades Brutas | | | | | | | | | | |
| Recepção programada | | | | | | | | | | |
| Stocks | | | | | | | | | | |
| Necessidades líquidas | | | | | | | | | | |
| Recepção de ordem | | | | | | | | | | |
| Lançamento da ordem | | | | | | | | | | |

Figura 3.7 – Exemplo de uma folha de cálculo MRP.
Fonte: Adaptado de Pinto (2006)

Pode-se definir os componentes da folha de cálculo da seguinte maneira (Pinto, 2006):

- **Horizonte de planeamento:** Refere-se ao período de planeamento. Pode ser expresso em turnos, dias, semanas ou meses. O horizonte de planeamento indica até onde é possível abranger ou “ver” a procura para um dado item. O horizonte é determinado em função do *lead time* dos itens e da existência de encomendas firmes;
- **Necessidades brutas:** Expressas as quantidades requeridas para um dado item. Se se tratar da procura independente, as necessidades brutas são importadas directamente do MPS. Para a procura dependente, as necessidades brutas são obtidas do nível imediatamente acima, considerando e respeitando as ligações dos subconjuntos ou componentes ao respectivo conjunto ou subconjunto do nível acima e as quantidades. Os valores identificados em cada período nas necessidades brutas devem estar disponíveis no final desse período;

- **Recepção programada:** Refere-se a uma quantidade disponível no início do período em causa. Uma recepção programada pode ser originada pela devolução de um cliente, ou pela entrega de uma dada quantidade proveniente de um subcontratado. Não se trata de uma necessidade mas sim de uma quantidade disponível, a qual será utilizada para abater à necessidade bruta;
- **Recepção de ordem:** Podem ser de fabrico ou de compra. Identifica a data de conclusão e a quantidade a receber para cada item;
- **Stocks:** É a quantidade de material disponível no final de cada período. A quantidade em stock calcula-se através da seguinte equação:

$$Stocks = RO - NL \quad \text{[Equação 3.1]}$$

Onde:

NL – Necessidades Líquidas

RO – Quantidade que consta na ordem

- **Necessidades líquidas:** É a quantidade necessária de compra ou de fabrico. Numa situação ideal deveria ser a quantidade efectiva de compra ou fabrico. Comprar mais que o valor sugerido pela necessidade líquida representa uma acumulação desnecessária de stocks. Na realidade são poucas as empresas que conseguem comprar apenas o “líquido” resultado da imposição dos processos (ex: grandes lotes) ou de fornecedores (ex: imposição de quantidades mínimas de entrega). A necessidade líquida é determinada pela equação 3.2:

$$NL = NB - (RP + Stocks Ant) \quad \text{[Equação 3.2]}$$

Onde:

NB – Necessidades Brutas

RP – Recepção Programada

Stocks Ant – Stocks do período anterior

- **Lançamento de ordem:** Podem ser igualmente de fabrico ou de compra. Identifica a data de início e a quantidade a fabricar ou a encomendar para um dado item. O MRP só define o lançamento da ordem após a definição da recepção da mesma. Conhecida a data de recepção é feito o *offset* do *lead time* para se determinar a data de lançamento.

3.5 Exemplo de planeamento MRP

Para demonstrar o modo de funcionamento do sistema MRP e dos pressupostos atrás referidos será executado o planeamento de materiais da mesa com rodas M012, já anteriormente referenciada. Considera-se ainda que a estrutura da base não é fabricada internamente, como consta na sua estrutura de produto (ver figura 3.4), mas sim comprada já completa. Temos então nas figuras 3.8 e 3.9 a vista explodida da mesa com rodas e a sua estrutura de produto:

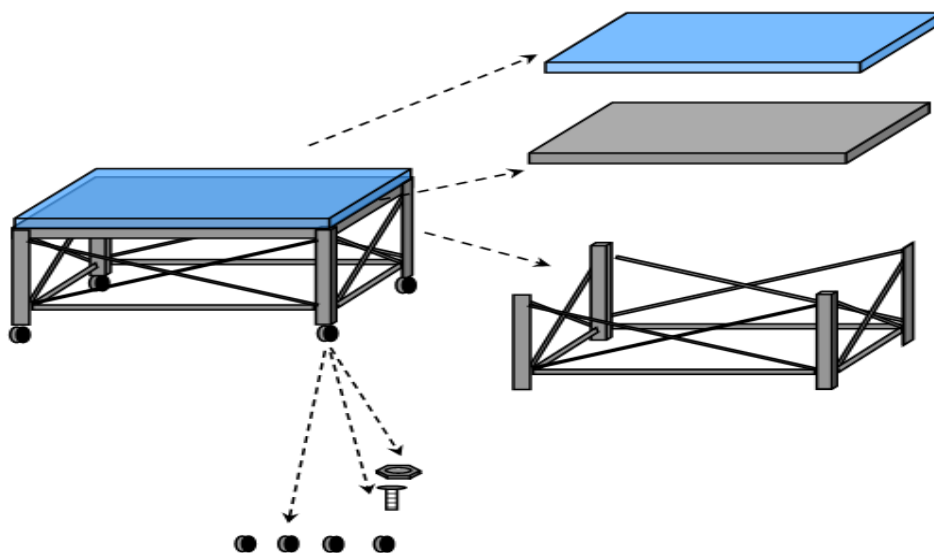


Figura 3.8 – Vista explodida da mesa com rodas M012.
Fonte: Próprio autor

| Codificação | Descrição | Quant. | Unidades | Nível |
|-------------|--------------------|--------|----------|-------|
| M012 | Mesa com Rodas | 1 | unid. | 0 |
| 3011 | Tampo acrílico | 1 | unid. | 1 |
| 3012 | Tampo metálico | 1 | unid. | 1 |
| 2050 | Estrutura base | 1 | unid. | 1 |
| 5010 | Roda tipo metálico | 4 | unid. | 1 |
| 1001 | Parafuso aço M6 | 4 | unid. | 1 |
| 1011 | Porca aço M6 | 4 | unid. | 1 |
| 9001 | Tinta | 0,25 | litro | 1 |

Figura 3.9 – Estrutura do produto mesa com rodas.
Fonte: Próprio Autor

O plano mestre de produção para este produto final é apresentado na tabela 3.1. Considera-se que a semana actual é a semana 15 e temos um horizonte de planeamento de oito semanas:

| Semana | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Quantidade (unidades) | 78 | 75 | 45 | 50 | 65 | 79 | 80 | 63 |

Tabela 1 – Plano mestre de produção para a mesa com rodas.
Fonte Próprio Autor

A Figura 3.10 reporta-nos os dados técnicos para a Mesa M012, ou seja, a quantidade em stock, no final da semana 15, dos materiais e componentes que constituem a mesa M012, assim como os respectivos *lead times*, stocks de segurança e os tamanhos dos lotes:

| Designação e Código | Qtd. | Lead Time | Lote | Stock de Segurança | Stocks | Observações |
|--------------------------|------|-----------|------|--------------------|--------|----------------------|
| Mesa; M012 | | 1 | 20 | 10 | 90 | Procura independente |
| Tampo acrílico; 3011 | 1 | 1 | 25 | 0 | 84 | Item comprado |
| Tampo metálico; 3012 | 1 | 2 | 50 | 30 | 145 | Item comprado |
| Estrutura base; 2050 | 1 | 1 | 30 | 0 | 124 | Item comprado |
| Roda tipo metálico; 5010 | 4 | 1 | 48 | 0 | 480 | Item comprado |
| Parafuso aço M6; 1001 | 4 | 1 | 200 | 0 | 500 | Item comprado |
| Porca aço M6; 1011 | 4 | 1 | 200 | 0 | 420 | Item comprado |
| Tinta; 9001 | 0,25 | 3 | 0,25 | 0,1 | 0,5 | Item comprado |

Figura 3.10 – Dados técnicos para a mesa com rodas M012.
Fonte: Próprio Autor

Com base nos dados disponíveis, procede-se de seguida ao planeamento das necessidades de materiais recorrendo ao método MRP. O planeamento começa no nível zero (procura independente) e através da explosão da BOM para todos os itens que constituem a mesa M012 serão calculadas as necessidades de materiais.

■ Cálculo das necessidades para a mesa M012:

| Código: M012 Lead Time: 1 semana Lote: 20 unidades Stock de segurança: 10 unid. | Horizonte de planeamento | | | | | | | |
|--|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| Necessidades Brutas | 78 | 75 | 45 | 50 | 65 | 79 | 80 | 63 |
| Recepção programada | | | | | | | | |
| Stocks 90 | 12 | 17 | 12 | 22 | 17 | 18 | 18 | 15 |
| Necessidades líquidas | | 63 | 28 | 38 | 43 | 62 | 62 | 45 |
| Recepção de ordem | | 80 | 40 | 60 | 60 | 80 | 80 | 60 |
| Lançamento da ordem | 80 | 40 | 60 | 60 | 80 | 80 | 60 | |

Figura 3.11 – Cálculo das necessidades para a mesa com rodas M012.
Fonte: Próprio Autor

Nota: As necessidades brutas da mesa M012 são obtidas directamente do MPS. Na semana 19 será necessário incluir mais um lote para que a quantidade em stock não fique abaixo do stock de segurança.

■ Cálculo das necessidades para o tempo acrílico 3011:

| Código: 3011 Lead Time: 1 semana Lote: 25 unidades Stock de segurança: 0 unid. | Horizonte de planeamento | | | | | | | |
|---|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| Necessidades Brutas | 80 | 40 | 60 | 60 | 80 | 80 | 60 | |
| Recepção programada | | | | | | | | |
| Stocks 84 | 4 | 14 | 4 | 19 | 14 | 9 | 24 | |
| Necessidades líquidas | | 36 | 46 | 56 | 61 | 66 | 51 | |
| Recepção de ordem | | 50 | 50 | 75 | 75 | 75 | 75 | |
| Lançamento da ordem | 50 | 50 | 75 | 75 | 75 | 75 | | |

Figura 3.12 – Cálculo das necessidades para o tempo acrílico 3011.
Fonte: Próprio Autor

Nota: As necessidades brutas deste item são obtidas do lançamento de ordem de montagem do item M012, considerando uma unidade necessária de 3011 para cada M012.

■ Cálculo das necessidades para o tempo metálico 3012:

| Código: 3012 Lead Time: 2 semana Lote: 50 unidades Stock de segurança: 30 unid. | Horizonte de planeamento | | | | | | | |
|--|--------------------------|----|-----|----|-----|----|----|----|
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| Necessidades Brutas | 80 | 40 | 60 | 60 | 80 | 80 | 60 | |
| Recepção programada | | | | | | | | |
| Stocks 145 | 65 | 25 | 65 | 55 | 75 | 45 | 35 | |
| Necessidades líquidas | | | 35 | 0 | 25 | 5 | 15 | |
| Recepção de ordem | | | 100 | 50 | 100 | 50 | 50 | |
| Lançamento da ordem | 100 | 50 | 100 | 50 | 50 | | | |

Figura 3.13 – Cálculo das necessidades para o tempo metálico 3012.
Fonte: Próprio Autor

Nota: As necessidades brutas deste item são obtidas do lançamento de ordem de montagem do item M012, considerando uma unidade necessária de 3012 para cada M012. Na semana 17 a quantidade em stock será inferior ao stock de segurança dada a impossibilidade de produzir um lote no tempo disponível (uma semana) porque o *lead time* deste componente é de duas semanas. Nas semanas 18 e 20 será necessário emitir mais um lote para que a quantidade em stock seja superior ao stock de segurança. Em particular, na semana 19 não haverá nenhuma necessidade líquida, sendo a compra desencadeada somente para garantir o stock de segurança.

■ Cálculo das necessidades para a estrutura base 2050:

| Código: 2050 Lead Time: 1 Lote: 30 Stock de segurança: 0 | | Horizonte de planeamento | | | | | | | |
|---|-----|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| Necessidades Brutas | | 80 | 40 | 60 | 60 | 80 | 80 | 60 | |
| Recepção programada | | | | | | | | | |
| Stocks | 124 | 44 | 4 | 4 | 4 | 14 | 24 | 24 | |
| Necessidades líquidas | | | | 56 | 56 | 76 | 66 | 36 | |
| Recepção de ordem | | | | 60 | 60 | 90 | 90 | 60 | |
| Lançamento da ordem | | | 60 | 60 | 90 | 90 | 60 | | |

Figura 3.14 – Cálculo das necessidades para a estrutura base 2050.

Fonte: Próprio Autor

Nota: As necessidades brutas deste item são obtidas do lançamento de ordem de montagem do item M012, considerando uma unidade necessária de 2050 para cada M012.

■ Cálculo das necessidades para as rodas tipo metálica 5010:

| Código: 5010 Lead Time: 1 Lote: 48 Stock de segurança: 0 | | Horizonte de planeamento | | | | | | |
|---|-----|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Necessidades Brutas | | 320 | 160 | 240 | 240 | 320 | 320 | 240 |
| Recepção programada | | | | | | | | |
| Stocks | 480 | 160 | 0 | 0 | 0 | 16 | 32 | 32 |
| Necessidades líquidas | | | | 240 | 240 | 320 | 304 | 208 |
| Recepção de ordem | | | | 240 | 240 | 336 | 336 | 240 |
| Lançamento da ordem | | | 240 | 240 | 336 | 336 | 240 | |

Figura 3.15 – Cálculo das necessidades para as rodas tipo metálico 5010.
Fonte: Próprio Autor

Nota: As necessidades brutas deste item são obtidas do lançamento de ordem de montagem do item M012, considerando quatro unidades necessárias de 5010 para cada M012. Nas semanas 17,18 e 19 não existirá stocks, não originando nenhum problema visto que não existe stock de segurança.

O procedimento de planeamento para os restantes itens da BOM da mesa M012 é equivalente ao apresentado anteriormente, pelo que não será mais desenvolvido. Todos eles (parafuso aço M6, porca de aço M6 e tinta) têm necessidades brutas obtidas a partir do lançamento de ordem de montagem do item M012, pelo que é fácil, a partir dos dados técnicos considerado na figura 3.10, realizar os seus respectivos cálculos de necessidades.

Após concluído o planeamento dos materiais é necessário proceder à validação dos planos de materiais. Esta validação só acontece para os itens fabricados dado que apenas estes ocupam os recursos (capacidade) da empresa (Pinto, 2006). A validação consiste em garantir que a empresa irá dispor da capacidade suficiente para satisfazer a carga planeada pelo MRP. O processo de validação do MRP designa-se por planeamento das necessidades de capacidade ou CRP e será abordado no ponto 3.6.

3.6 Planeamento das Necessidades de Capacidade (CRP)

A validação dos planos de materiais terá de ser feita de modo a garantir a sua viabilidade. Esta validação é feita através da técnica *Capacity Requirements*

Planning (CRP), a qual determina a carga atribuída a cada recurso e, em função desta e da sua capacidade, valida ou não o plano de materiais. Após a validação dos planos de materiais para os itens fabricados as ordens de fabrico provenientes do MRP serão emitidas para o *shop floor*, e as ordens de compra serão enviadas ao departamento de compras para que este contacte o respectivo sistema de fornecedores.

O Dicionário APICS, 7ª edição, de 1995, define o CRP como:

“A função que estabelece, mede e ajusta os limites ou níveis de capacidade. Neste contexto, o termo planeamento das necessidades de capacidade refere-se ao processo de determinação em detalhes da quantidade de trabalhadores e máquinas necessárias para a realização das tarefas de produção. As ordens de fabrico são as entradas do CRP, que através do plano de processo e dos lead times são transformadas em horas de trabalho em cada centro de trabalho e confrontados com a disponibilidade em cada período de planeamento.”

No sistema MRP não existe nenhuma referência à capacidade de produção disponível, dado que este modelo é totalmente insensível à capacidade. Os planos detalhados das necessidades de materiais, bem como o dimensionamento dos lotes, são apenas função da procura dos produtos finais e do estado dos inventários sem que haja nenhuma verificação da capacidade instalada disponível no sistema produtivo que possa responder aos planos de produção (englobam o MPS, as ordens de fabrico e as ordens de compra).

Segundo Pinto (2006), o CRP é um módulo que começa por identificar a carga a executar. A carga é proveniente dos “lançamentos de ordem de fabrico” do MRP e da carga ainda existente no *shop floor* (sob a forma de encomendas já iniciadas mas não concluídas, ou sob a forma de *back orders*⁹). As encomendas não planeadas, ou urgentes também têm de ser consideradas, dado que também elas consomem capacidade na sua execução.

⁹ Uma *back order* é uma ordem não concluída e já atrasada. Ao registo das *back orders* chama-se *backlog*.

Após conhecida a carga a planear, o CRP, com base na informação actualizada do estado actual da fábrica (recursos ou centros de trabalho) e com os dados de engenharia (percursos de fabrico e dados padrão como tempos e parâmetros de fabrico), produz o perfil de carga, por período, para cada recurso ou centro de trabalho. No decorrer deste procedimento, o módulo CRP vai alertando o utilizador para situações de sobrecarga e identifica recursos ou centros de trabalho com capacidade ainda disponível. Na figura 3.16 é apresentada a estrutura geral do módulo CRP:

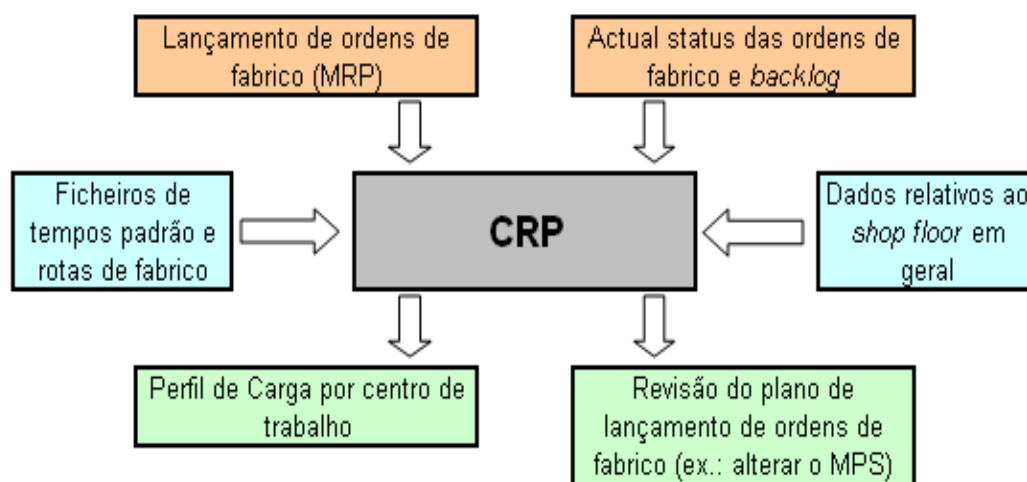


Figura 3.16 – Estrutura geral do módulo CRP.
Fonte: Adaptado de Pinto (2006)

3.7 MRPII

Laurindo e Mesquita (2000) dizem que a introdução de restrições de capacidade implicou a necessidade de uma modelação mais detalhada do processo produtivo. Ao MRP tradicional juntaram-se dois módulos denominados *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP) e *Capacity Requirements Planning* (CRP). O módulo RCCP procura estabelecer uma relação directa entre o MPS e a carga dos centros produtivos. Esta primeira análise permite que se verifique previamente a viabilidade do MPS proposto, mesmo antes da explosão de materiais. Já o CRP verifica, como referido anteriormente, após a explosão dos materiais, a carga de trabalho detalhada em cada centro de trabalho.

Em 1981, Oliver Wight publica o livro *Manufacturing Resource Planning, MRPII*, no qual apresenta a nova geração dos MRP's. Além de incorporar os módulos RCCP e CRP, o novo sistema permite considerar outros recursos de produção, entre eles, os recursos humanos e orçamentais. Em virtude do aumento da abrangência do modelo, esse passou a se denominar de Planeamento dos Recursos de Produção (MRPII).

Segundo Chase e Aquilano (1997), a expansão do planeamento das necessidades de materiais para incluir outras áreas do sistema produtivo era natural e previsível. Incorporaram-se ainda os módulos *Shop Floor Control* (SFC) e *Sales & Operations Planning* (S&OP). O SFC, também conhecido por “controlo de operações”, é o conjunto de actividades de planeamento de curtíssimo prazo que tem como principal função a programação detalhada das operações, a atribuição de operações aos recursos e o controlo da actividade. O S&OP situa-se no nível acima ao MPS e equivale ao planeamento agregado, e reúne todos os planos do negócio (vendas, *marketing*, desenvolvimento, produção, compras e financeiros) num único conjunto integrado de planos. Com estes módulos adicionais, constitui-se um sistema de planeamento do tipo MRPII, conforme se pode verificar na figura 3.17:

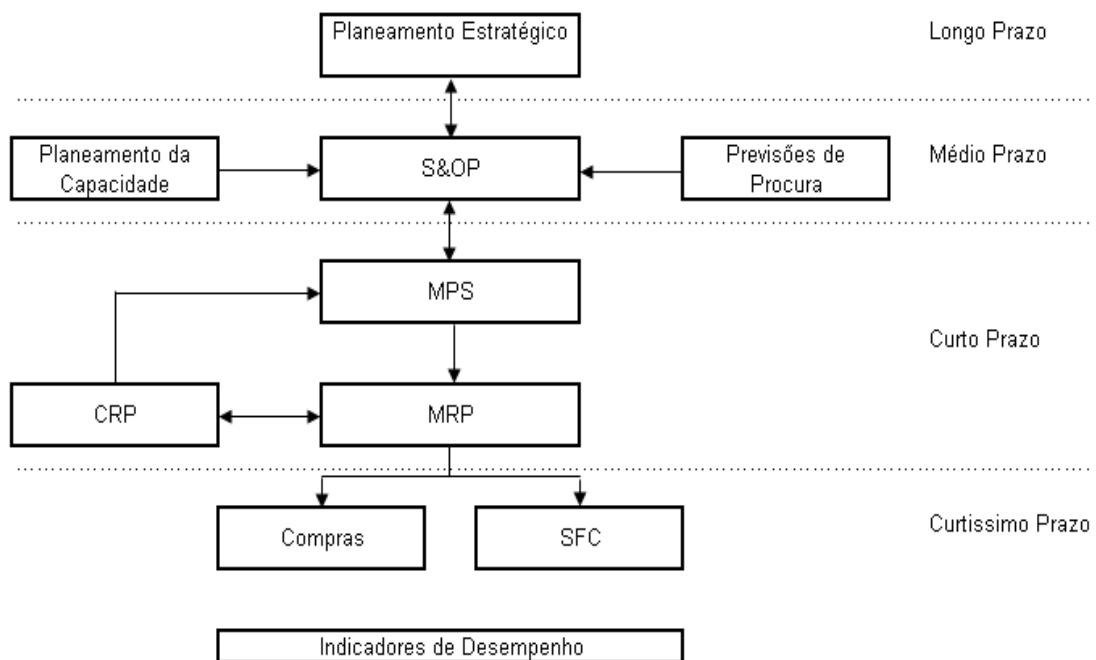


Figura 3.17 – Modelo MRPII.
Fonte: Adaptado de Laurindo e Mesquita (2000)

3.8 Implementação de um sistema MRP

No processo de implementação de um sistema MRP as organizações têm a necessidade de mudar a forma como vêm os seus processos, as responsabilidades, os trabalhadores e as relações com o ambiente externo. O bom funcionamento de um sistema técnico não implica necessariamente que se tenha alcançado os resultados desejados. É claro que o verdadeiro sucesso só irá ocorrer após as pessoas, que usem o recém sistema implementado, aceitar que o sistema melhore as suas condições de trabalho (Callerman e Heyl, 1986).

Segundo Petroni (2002), existem alguns elementos que não podem ser ignorados de forma a garantir o sucesso da implementação do MRP:

- Apoio da gestão de topo, sendo necessário para aumentar a aceitação e a participação de todos no projecto e ainda para promover o uso operacional junto dos utilizadores;
- O nível de integração funcional;

- A precisão dos dados, sendo um elemento chave e um pré requisito para o bom funcionamento operacional do sistema.

Benefícios significativos, como a melhoria do serviço ao cliente, uma melhor programação da produção e a redução de custos de fabricação, são originados pelo êxito da implementação do sistema MRP. No entanto, a taxa de sucesso é baixa, especialmente entre as pequenas e médias empresas que ainda têm de explorar plenamente o potencial do MRP nas suas organizações. Instalar um novo sistema, tais como um MRP é uma grande mudança e, por conseguinte, uma etapa crítica que tem de ser devidamente gerida (Petroni, 2002).

4. Processo de implementação de um sistema MRP: o caso da JMS – Mobiliário Hospitalar, Lda

O propósito deste capítulo é demonstrar, através de um estudo de caso de uma pequena empresa metalúrgica, o processo de implementação de um sistema MRP. É apresentada uma breve descrição da empresa em questão assim como as motivações e objectivos da implementação de um desses sistemas. O facto do processo se encontrar ainda na conclusão da fase inicial aquando o término deste trabalho, restringe a demonstração à apresentação do enquadramento geral do projecto, a sua calendarização e o trabalho realizado na empresa até à data. São, para além disso, abordadas as outras fases do projecto indicando o que se pretende nessas fases.

4.1 Descrição da empresa

Fundada no ano de 1992, a JMS iniciou a sua actividade com dois funcionários dedicando-se ao fabrico de atrelados para a lavoura, realizando a sua actividade numa área coberta de 200m² em Avanca. A partir de 1994, a JMS iniciou a actividade de fabrico e comercialização de mobiliário hospitalar, laborando



actualmente numa área coberta de 9000m², após a mudança de instalações em 2007 para a zona industrial da Murtosa. A empresa conta actualmente com 73 funcionários distribuídos nas áreas de vendas, compras, administrativas, qualidade, produção, logística e gabinete técnico.

A gama de produtos da JMS é bastante diversificada, oferecendo mais de 350 produtos distribuídos por 12 famílias (Acessórios, Apoios, Camas, Armários,

Biombos, etc.). A partir de 2006, com a remodelação do departamento comercial, a empresa conquistou novos clientes no território nacional e começou a sua expansão por territórios internacionais, sendo que hoje a comercialização dos seus produtos para o mercado espanhol tem uma percentagem significativa na empresa. Os Palop's, Irlanda e França também são mercados onde a JMS está presente e pretende se reforçar nos próximos anos.



A sua carteira de clientes é composta essencialmente por revendedores e distribuidores, os quais representam cerca de 90% do volume de vendas, tendo como factores decisivos de compra na JMS, os prazos de entrega, os preços dos produtos e a qualidade dos mesmos.

Os seus principais fornecedores são distribuidores e fabricantes de aços (tubos, barras e chapas), e distribuidores de componentes (parafusos, porcas, tacos, etc.), sendo que 80% desses fornecedores estão localizados nas proximidades da empresa.

Em 1999 a empresa iniciou o processo de certificação, de acordo com o referencial normativo NP EN ISO 9001:1998, sendo concluído no final do ano de 2000. Em 2003 foi efectuada o reajustamento do Sistema de Gestão da Qualidade implementado respeitando o referencial normativo NP EN ISO 9001:2000. A necessidade da certificação da empresa residiu na possibilidade de acesso a novos mercados, sendo que muitos clientes exigem a certificação como factor qualificador para o fornecimento de materiais.

4.2 Motivações e objectivos da implementação de um MRP na empresa

Para entender quais foram as motivações e os objectivos da implementação de um sistema MRP na JMS, realizou-se uma reunião com o director do departamento de produção, o Eng.º Ferreira da Silva. Os resultados obtidos dessa reunião estão apresentados na tabela 4.1:

| <u>MOTIVAÇÕES</u> | <u>OBJECTIVOS</u> |
|--|--|
| Mudança de instalações | Enfrentar exigências e concorrência existentes no mercado no qual se insere |
| Aumento de vendas | Melhorar tempo de resposta às necessidades do mercado reduzindo <i>lead time</i> total de entrega dos produtos |
| Faltas consecutivas de matéria-prima no processo produtivo | Garantir o bom funcionamento do sistema produtivo |
| Problemas com o controlo de stocks existentes na fábrica | Ter total controlo dos stocks existentes, reduzindo falhas e perdas de tempo |
| Falhas de comunicação entre os vários departamentos da empresa | Criar um ambiente onde as decisões são consensuais e compartilhadas. |

Tabela 2 – Motivações e objectivos da implementação de um sistema MRP na JMS.
Fonte: Próprio Autor

4.3 Definição de funções e responsabilidades

O projecto de implementação necessita, como qualquer outro projecto, que se definem responsabilidades e funções. Por ser uma pequena empresa foi

relativamente fácil definir a estrutura e as responsabilidades/funções de cada um para o projecto. Três grupos distintos formam o organigrama do projecto como se pode ver na figura 4.1:

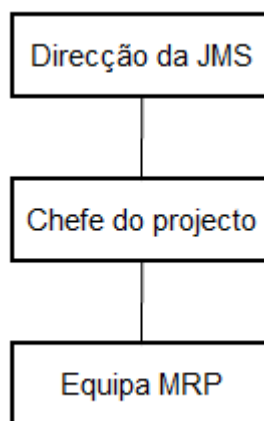


Figura 4.1 – Organigrama do projecto.
Fonte: Próprio Autor

O papel da Direcção da empresa é muito importante para o sucesso do projecto; o envolvimento total da gestão de topo é muito importante para que se consiga a motivação de todos. A pessoa representante da Direcção mais ligada ao projecto é um dos gerentes da empresa, não afastando os outros gerentes que terão conhecimento de todos os passos realizados e dos respectivos resultados. A Direcção nomeou um chefe de projecto, o director de produção, e atribuiu responsabilidades assim como objectivos para todos os elementos envolvidos no projecto. A Direcção realizou também, a calendarização do projecto (ver capítulo 4.4).

O chefe do projecto que é, como anteriormente referido, o director de produção, é responsável pela implementação do projecto e pelo seu bom funcionamento. O chefe do projecto terá de preencher os seguintes requisitos:

- Possuir um bom conhecimento da empresa e dos seus diferentes departamentos;
- Possuir boa experiência industrial sobretudo na área de produção.
- Ter personalidade e sentido de liderança para poder convencer e fazer passar as suas ideias;

- Ser responsável e reconhecido na empresa a fim de que a sua autoridade lhe permita arbitrar os conflitos que possam ocorrer.

A Equipa MRP é constituída por um estagiário da Universidade de Aveiro, pelo responsável do gabinete técnico, pelo encarregado de produção e pelo encarregado da logística. Compete-nos realizar todo o trabalho de campo, ou seja:

- Realizar todas as estruturas de produtos e respectiva codificação;
- Realizar as gamas operatórias de todos os produtos;
- Verificar a situação das existências;
- Dar formação a todos os colaboradores;
- Introduzir dados no sistema.

4.4 Calendarização do projecto

A partir do momento em que a Direcção tomou a decisão de avançar com o projecto, ela formalizou a sua calendarização dividindo-a em 3 fases:

- Uma fase inicial de diagnóstico, balanço, definição de objectivos, organização dos dados técnicos e formação inicial;
- Uma fase de implementação, a que se segue a escolha do *software*, introdução de dados e finalmente o seu arranque experimental;
- Uma fase de exploração durante a qual generalizamos a implementação do projecto ao conjunto da empresa e avaliamos o seu desempenho.

A figura 4.2 relaciona essas três fases dando uma ordem de grandeza do desenrolar do projecto no tempo:

| Fase inicial | Fase de implementação | Fase de exploração |
|--|--|--|
| Diagnóstico Balanço Objectivos Organização dos dados técnicos Formação inicial | Escolha do <i>software</i> Formação dos colaboradores Introdução de dados Teste do <i>software</i> Arranque do MPS | Generalização a toda a empresa Avaliação do desempenho Formação contínua |
| 6 meses | 9 meses | 6 meses |

Figura 4.2 – Calendarização do projecto de implementação do MRP na JMS.
Fonte: Próprio Autor

O processo de implementação do MRP na empresa tem uma duração de 21 meses. Foi bem explícito pela Direcção que este período não se deve prolongar para além do estabelecido, sendo que, todos os elementos envolvidos no projecto terão de trabalhar de forma dinâmica, visto que o alargamento desse prazo poderá originar custos extraordinários e desmotivação por parte dos envolvidos. As fases estão distribuídas pelo seguinte calendário:

- Fase inicial – início em Dezembro do ano de 2007 e conclusão no final de Maio do ano de 2008;
- Fase de implementação – início em Junho do ano de 2008 e conclusão no final de Fevereiro do ano de 2009;
- Fase de exploração – início em Março do ano de 2009 e conclusão no final de Agosto do ano de 2009.

Como já foi referido no início deste capítulo, aquando a conclusão deste trabalho o projecto encontra-se no término da fase inicial; consequentemente apresenta-se a seguir a metodologia apresentada nessa fase e o trabalho realizado. As fases de implementação e de exploração também serão abordadas descrevendo o que se pretende e o que se espera nessas fases.

4.5 Fase inicial

A fase inicial do projecto é a fase na qual se realizou o diagnóstico geral da fábrica, o balanço, onde se definiram os objectivos e onde se preparou todo o material necessário para a fase de implementação.

A fase inicial do projecto é também a fase de desenho do sistema que se pretende implementar. É a fase mais importante dado que é nesta fase que se define toda a estrutura e características do sistema.

4.5.1 Diagnóstico e balanço

Para a realização de um bom diagnóstico realizou-se um esquema do *layout* da empresa e analisou-se o seu fluxo produtivo (ver figura 4.3). Após análise, conclui-se que o *layout* da JMS é um *layout* funcional, ou seja, segue uma implantação por processo. Os equipamentos e/ou funções semelhantes estão agrupados em secções funcionais. Verifica-se que as máquinas de corte estão agrupadas na mesma secção, o mesmo se verifica para os equipamentos de soldadura e ainda existe uma secção que agrupa equipamentos de transformação (quinadeiras, máquinas de curvar, torno, balancés, etc.).



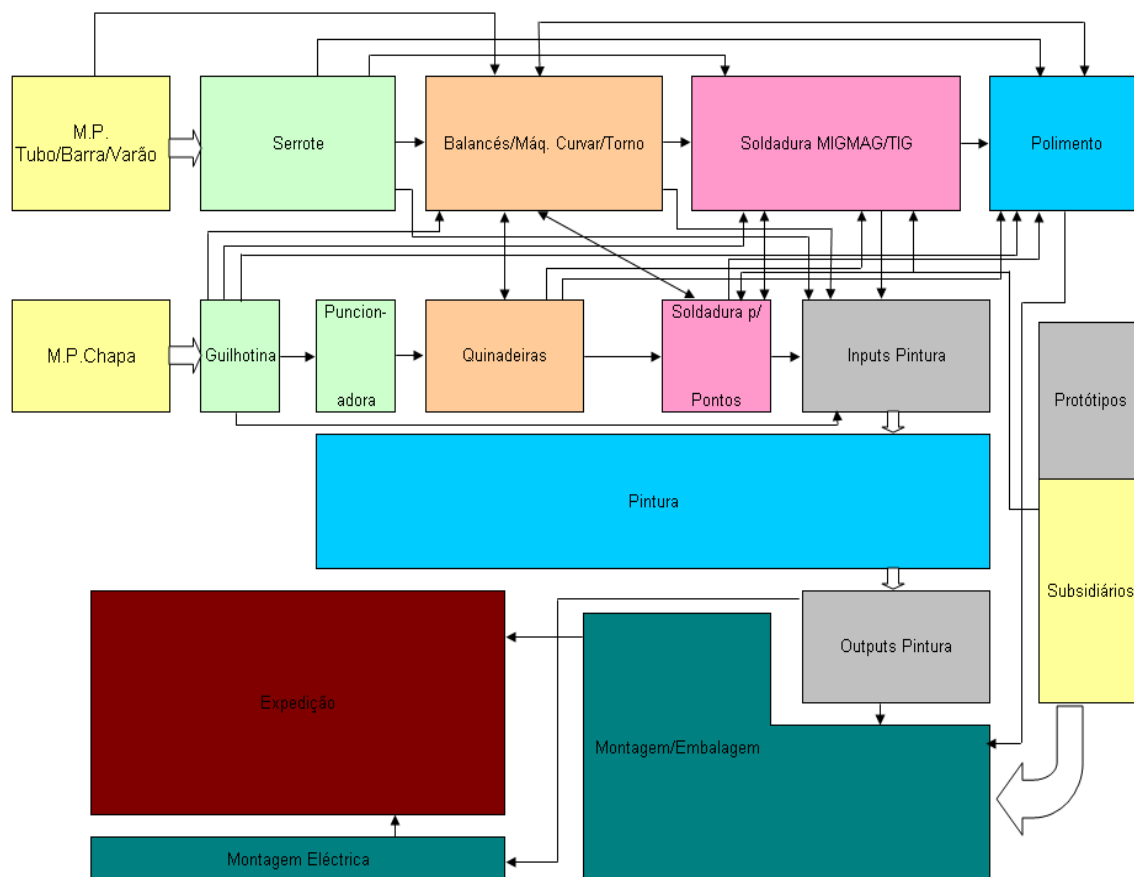


Figura 4.3 – Layout funcional da JMS.
Fonte: Próprio Autor

Este tipo de sistema produtivo é muito flexível mas de difícil gestão. O arranjo dos equipamentos e processos originam muitos transportes, frequentes *setups* e tempos não-produtivos. A escolha por uma implantação deste tipo residiu no facto de a JMS fabricar vários tipos de produtos e em quantidades variáveis.



A JMS utiliza um sistema de codificação que permite identificar as diversas secções da empresa:

- 15 – CORTE de matéria-prima (Serrotes, Guilhotina, Puncionadora);
- 14 – TRANSFORMAÇÃO (Máq. Furar, Máq. Curvar, Quinadeiras, Torno, Balancés);

- 13 – SOLDADURA (MigMag/Tig, por Pontos);
- 12 – ACABAMENTO (Pintura, Polimento);
- 11 – MONTAGEM e EMBALAGEM;
- 10 – PRODUTO FINAL (Expedição).

A partir da tabela 4.1, analisaram-se as motivações e objectivos da implementação de um MRP na JMS e verificou-se o seguinte:

Quanto ao aumento de vendas, pode-se observar na figura 4.4 a evolução da facturação da empresa nos últimos anos:

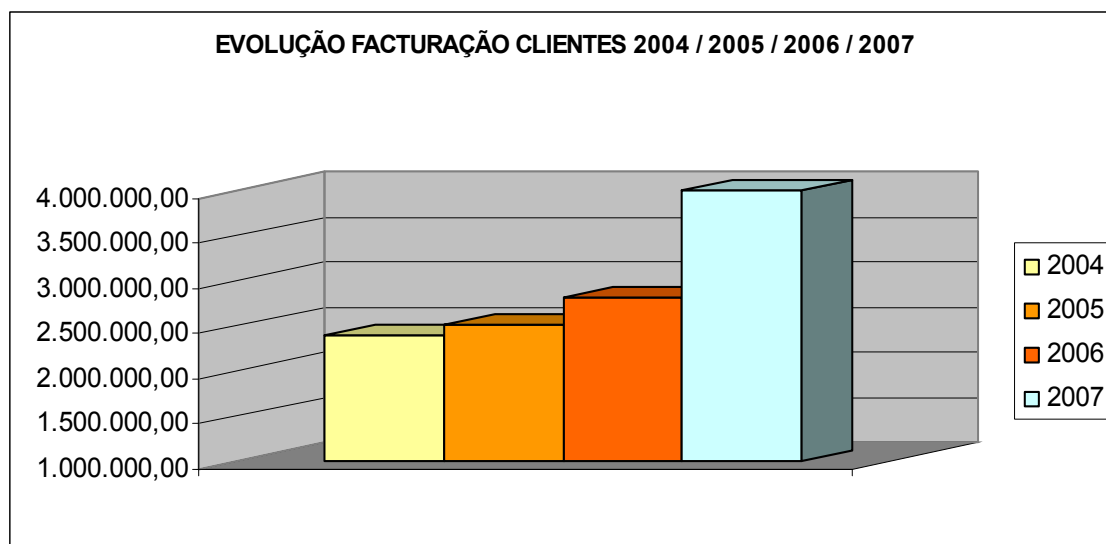


Figura 4.4 – Evolução da facturação da JMS nos últimos anos.
Fonte: Próprio Autor

A fim de manter o sigilo em relação à facturação exacta da empresa nesses anos, foram retirados os rótulos com os números exactos mantendo apenas o eixo de valores. Pode-se verificar o contínuo aumento, de ano para ano, da facturação, sendo que o aumento do ano de 2004 para o ano de 2007 foi de 67.6%. A evolução da facturação da JMS é para se manter, sendo que a empresa, para o ano de 2008, pretende ultrapassar os 5 milhões de euros.

O problema da falta de matéria-prima no processo produtivo, impossibilitando a fabricação de um determinado produto na data requerida, é um problema grave e que se repete frequentemente na JMS. Esse problema traduz-se, muitas vezes, na realização de horas extraordinárias com o intuito de cumprir

os prazos de entrega definidos. Devido a isso realizou-se um inquérito que nos indicou quais as matérias-primas que mais faltam no processo fabril quando necessitados:

- Barra ferro 60x6mm;
- Tubo ferro rectangular 40x20x2mm;
- Tubo ferro quadrado 25x1.5mm;
- Tubo ferro redondo 50x1.5mm;
- Tubo ferro redondo 55x1.5mm.

Verificamos que todos estes materiais são necessários para a fabricação de uma determinada família de produtos comercializados pela JMS: as camas. As camas de facto são os produtos mais vendidos pela empresa, representando 49,1% da facturação do ano de 2007. É fácil concluir que a falta de um desses materiais causa grandes problemas no processo produtivo e desvios nos prazos de entrega definidos. No caso dos tubos de ferro redondos de 50x1,5mm e 55x1,5mm, são os tubos que constituem os pés das camas. Cada cama necessita de quatro pés, logo tem-se que multiplicar por quatro as necessidades desses materiais. Quando se trata de uma encomenda relativamente pequena a tarefa não é muito complicada mas quando se trata de encomendas de centenas de camas a tarefa já se torna complexa e demorada, causando erros no planeamento das necessidades de materiais. A função principal do MRP é mesmo essa, calcular as necessidades de materiais, quer seja para uma cama quer sejam centenas delas.

O problema do controlo de stocks existentes é um problema real e grave, isto porque verificam-se na fábrica produtos acabados que estão em stock há meses. Verifica-se também a falta de stocks de segurança para produtos que são alvos de forte procura. Esses factos acarretam custos elevados para a empresa:

- Custo do produto acabado a espera de ser vendido;
- Custo de horas extraordinárias para satisfazer prazos de entrega ao cliente.

A perda de tempo verificada na contagem de produtos acabados em stocks por falta de controlo e registo é preocupante. Existem pessoas na fábrica que sabem, mais ou menos, se existe determinado produto em stock e a sua quantidade, mas não passam de aproximações e não de valores exactos. Outro problema é o facto de a empresa depender demasiado dessas pessoas, o que não é possível nos tempos modernos devido aos compromissos da empresa perante os seus clientes. O facto de essas pessoas poderem adoecer ou mesmo não poderem comparecer na empresa pode pôr em causa todo o fluxo produtivo. O sistema MRP permite-nos visualizar a quantidade exacta em stock de cada produto acabado em tempo real sem perdas de tempo.

Quanto às falhas de comunicação entre departamentos, acontece frequentemente a deficiente ou incompleta transmissão de dados devido a utilização de métodos ultrapassados. Verifica-se que a relação entre o departamento de compras e o departamento de produção é deficiente. A título de exemplo, quando é necessário a compra de um determinado material, o chefe de produção tem de efectuar uma requisição escrita ou comunicar verbalmente o que necessita e a sua quantidade. Esse facto traz desvantagens, como perda de tempo por parte do chefe de produção, assim como alguma probabilidade de erros no preenchimento e leitura dessas requisições. Com o sistema MRP, isso já não acontece visto que são emitidas ordens de compra directamente para o departamento de compras com a designação exacta e as quantidades exactas necessárias.

4.5.2 Procedimento e desenho do sistema

Para que todas as características de um sistema MRP sejam úteis a empresa não basta comprar um simples *software*, é preciso definir o que se espera do sistema e depois transmitir ao fornecedor do *software* todos esses parâmetros para que o sistema consiga responder as necessidades da empresa.

Não é um trabalho fácil de realizar, é preciso que todos os elementos responsáveis pela definição desses parâmetros estejam em perfeita sintonia e concordância, o que nem sempre acontece. Na JMS definiram-se procedimentos

e parâmetros que permitirão ao fornecedor do *software* desenhá-lo e adequá-lo à empresa e às suas necessidades. O que se quer do sistema é o seguinte:

- Como já foi referido, a empresa distingue as suas secções funcionais através da codificação (15, 14, 13, 12, 11 e 10). Cada secção é composta por vários tipos de equipamentos, por exemplo, a secção 15 (Corte) é composta por guilhotina, puncionadora e serrotes. O que se pretende é que, quando sai uma ordem de fabrico para a fábrica, qualquer operador consiga identificar qual o tipo de equipamento em que se deve processar determinada tarefa. Para isso foi preciso criar uma codificação que identificasse os tipos de equipamentos existentes na JMS. A secção 10 (Expedição) não é composta por nenhum tipo de equipamento, por isso não é abrangida por esse tipo de codificação. A identificação dos tipos de equipamentos é a seguinte (ver figura 4.5):

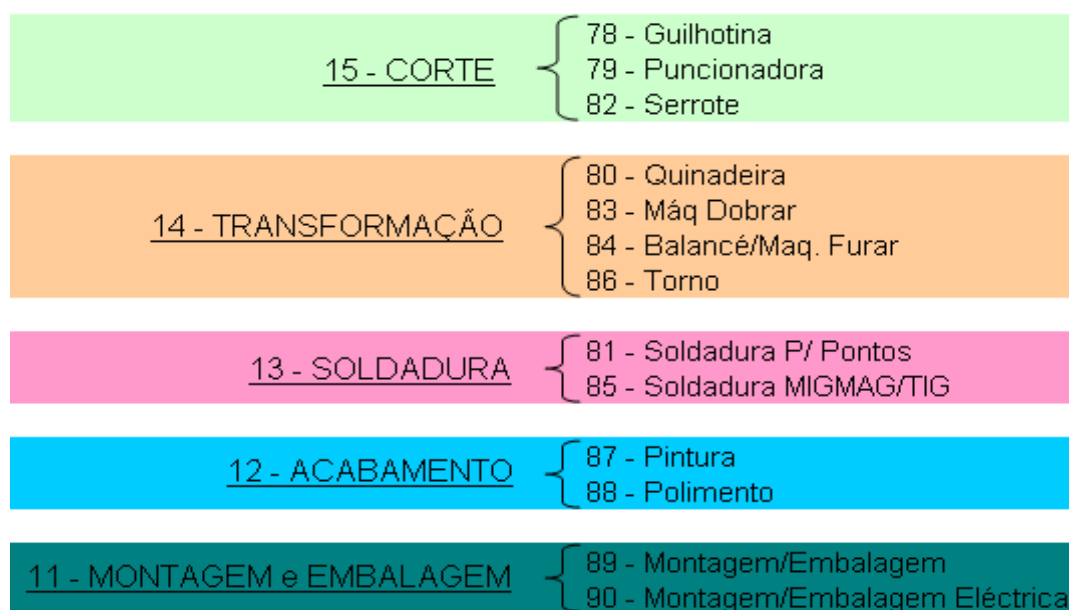


Figura 4.5 – Codificação dos tipos de equipamentos da JMS.
Fonte: Próprio Autor

As ordens de fabrico e as estruturas de produtos serão munidas dessa codificação, por isso pretende-se que o *software* esteja preparado para acolher essa informação;

- Uma das funções da equipa MRP é recolher os tempos das gamas operatórias de todos os produtos. Quer-se que o sistema tenha um campo

de introdução de tempos e que a partir daí calcule o *lead time* para cada produto. Esse campo irá nos permitir consultar e/ou alterar os tempos de processamento de qualquer tarefa a qualquer momento;

- Relativamente as ordens de fabrico, quer-se que elas sejam organizadas por secções, ou seja, quando se gere o MRP o sistema tem que emitir as ordens de fabrico separando cada secção (15, 14, 13, 12, 11, 10). Quer-se ainda que, nessas ordens de fabrico estejam agrupadas as tarefas por tipo de equipamento, por exemplo, nas ordens de fabrico da secção 15 todas as tarefas processadas nos serrotes estarão agrupadas, o mesmo se passará com as tarefas processadas na guilhotina e na puncionadora. Nas ordens de fabrico constará uma matriz onde se poderá verificar as quantidades calculadas e exigidas pelo MRP, assim como um espaço para o operador anotar quantas peças realizou e quantas peças rejeitou. Nas ordens de fabrico constarão ainda o período no qual decorrem essas tarefas e o respectivo código de barras. Na figura 4.6 pode-se observar como se pretende as ordens de fabrico na JMS:



SECÇÃO 14 (TRANSFORMAÇÃO)

Período: 05/05/2008 a 09/05/2008

83 - Máq. Curvar

| Tarefa | Qtd MRP | Realizada | Rejeitada | Código de Barras |
|---|---------|-----------|-----------|------------------|
| 14.CR80.50 Curvar Tubo fe Ø 28x1,5x1350mm | 20 | | | |
| 14.MA80.02 Curvar Tubo fe Ø 25x1,5x1175mm | 10 | | | |
| 14.MA80.01.1 Curvar Tubo fe Ø 25x1,5x800mm | 10 | | | |

86 - Torno

| Tarefa | Qtd MRP | Realizada | Rejeitada | Código de Barras |
|--|---------|-----------|-----------|------------------|
| 14.CR80.51 Meia-Cana Tubo fe Ø 28x1,5x450mm | 40 | | | |
| 14.MA80.01 Meia-Cana Tubo fe Ø 25x1,5x800mm | 10 | | | |

Figura 4.6 – Modelo desejado para as ordens de fabrico na JMS.
Fonte: Próprio Autor

- Pretende-se implementar na fábrica três terminais munidos de caneta óptica para validar as ordens de fabrico. Um terminal estará disponível para as secções 10 e 11, outro para as secções 12 e 13 e outro para as secções 14 e 15. Da parte da tarde de cada dia, cada operador se dirigirá para o terminal da sua secção para validar as ordens de fabrico da sua posse. Ao passar com a caneta óptica no código de barras o sistema pergunta qual a quantidade realizada e qual a quantidade rejeitada, sendo que:
 - 1) Se a quantidade realizada for igual a quantidade MRP, o sistema fecha simplesmente a ordem de fabrico;
 - 2) Se a quantidade realizada for superior a quantidade MRP, o sistema fecha a ordem de fabrico e contabiliza o que sobra para stock;
 - 3) Se a quantidade realizada for inferior a quantidade MRP, o sistema deixa a ordem de fabrico em aberto.
- Quando é gerado o MRP e são emitidas as ordens de fabrico, pretende-se também que o sistema emita uma ficha de identificação para cada tarefa, ou seja, é uma folha que se anexará ao lote permitindo que se identifique, evitando trocas de material, o que compõe aquele lote. A ficha é composta pelo código da tarefa, pela designação e pelo tipo de equipamento. É composta ainda pelo código da tarefa seguinte, a sua designação e o tipo de equipamento. Quando o operador da tarefa seguinte acaba de processar a sua tarefa coloca a nova ficha de identificação e guarda a ficha de identificação que vinha com o lote no seu posto de trabalho. Na figura 4.7 pode-se observar como se pretende a ficha de identificação:

| | |
|-------------------------------------|--|
| <u>DE:</u> | 82 - Serrote 15.CR80.05 Tubo fe \varnothing 28x1,5mm c/ 1350mm |
| <u>PARA:</u> | 83 - Máq. Curvar 14.CR80.50 Curvar Tubo fe \varnothing 28x1,5x1350mm |
| <u>QUANTIDADE MRP:</u> | 20 |
| <u>QUANTIDADE REALIZADA:</u> | |
| <u>DATA:</u> __/__/__ | <u>RUB:</u> _____ |

Figura 4.7 – Modelo desejado para as fichas de identificação na JMS.
Fonte: Próprio Autor

- O MRP será gerado todas as 6ª feiras as 14 horas. De facto só se gerará um MRP por semana com a introdução das encomendas acumuladas durante a semana. O sistema terá de estar preparado para que se gere um MRP a qualquer momento, caso apareça uma encomenda urgente. Todos os clientes da JMS serão informados que as suas encomendas terão de ser efectuadas antes das 14 horas de 6ª feira, caso a encomenda seja efectuada depois dessa hora ela será introduzida na semana seguinte.

4.5.3 Equipa MRP

Como já foi referido anteriormente, a equipa MRP tem várias tarefas a realizar ao longo do projecto. O meu trabalho na equipa MRP, durante a fase inicial foi:

- Realizar as estruturas de produtos;
- Realizar as gamas operatórias de todos os produtos.

A realização das estruturas de produtos é um trabalho demorado e que requer um bom conhecimento dos produtos. Este trabalho exigiu que se passasse

muito tempo na fábrica, junto dos operadores, para adquirir conhecimentos suficientes, dos processos e dos produtos, que me permitissem elaborar as estruturas de produtos respeitando os níveis e identificando os equipamentos onde cada tarefa se processa.

Na figura 4.8 pode-se verificar a estrutura de um produto da JMS, a Maca Completa, onde constam todas as tarefas/materiais, as suas quantidades e os seus códigos. Constam ainda os níveis em que se encontram as tarefas/materiais e os equipamentos onde são processadas as tarefas.

| CÓDIGO | NÍVEL | DESIGNAÇÃO | QTD. | UNID. | EQUIPAMENTO |
|--------------|-------|--|--------|-------|-------------|
| 10.MA.1710 | 0 | Maca Completa (c/ carro) | 1 | Unid. | |
| 11.MA.1700 | 1 | Montagem Maca só leito | 1 | Unid. | 89 |
| 03.6.001.02 | 2 | Punho borracha | 4 | Unid. | |
| 03.6.007.20 | 2 | Taco Ø 20 borracha | 4 | Unid. | |
| 03.1.003.01 | 2 | Parafuso Cabeça Red. c/ fenda M5x30 | 1 | Unid. | |
| 03.1.008.02 | 2 | Femea c/ freio M5 | 1 | Unid. | |
| 03.1.005.10 | 2 | Parafuso Cabeça Sextavada M8x25 | 2 | Unid. | |
| 03.1.014.05 | 2 | Anilhas M8-16 Zn | 4 | Unid. | |
| 03.6.013.02 | 2 | Lona e Fio p/ Macas | 1 | Unid. | |
| 04.1.001.11 | 2 | Rolo de cartão 1,00 Mtr | 1,400 | Mtr | |
| 04.1.001.12 | 2 | Rolo de cartão 2,20 Mtr | 2,400 | Mtr | |
| 12.MA.003 | 2 | Pintura Cremalheira | 1 | Unid. | 87 |
| 14.MA70.02 | 3 | Corte Barra 25x5mm c/ 235mm (Balancé) | 1 | Unid. | 84 |
| 01.3.002.02 | 4 | Barra 25x5mm | 0,0129 | Kg | |
| 12.MA.001 | 2 | Pintura Estutura Maca | 1 | Unid. | 87 |
| 13.MA.001 | 3 | Soldadura Estutura Maca | 1 | Unid. | 85 |
| 03.1.010.01 | 4 | Femea c/ freio M8 | 2 | Unid. | |
| 14.MA80.03 | 4 | Meia-Cana Tubo fe Ø28x1,5x548mm | 2 | Unid. | 86 |
| 15.MA80.03 | 5 | Tubo fe Ø 28x1,5mm c/ 548mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.07 | 6 | Tubo fe Ø 28x1,5mm | 0,548 | Mtr | |
| 15.MA80.06 | 4 | Tubo fe Ø 20x1,5mm c/ 175mm | 4 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.02 | 5 | Tubo fe Ø 20x1,5mm | 0,175 | Mtr | |
| 14.MA80.01 | 4 | Meia-Cana Tubo fe Ø25x1,5x800mm | 1 | Unid. | 86 |
| 14.MA80.01.1 | 5 | Curvar Tubo fe Ø 25x1,5x800mm | 1 | Unid. | 83 |
| 15.MA80.01 | 6 | Tubo fe Ø 25x1,5mm c/ 800mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.05 | 7 | Tubo fe Ø 25x1,5mm | 0,800 | Mtr | |
| 14.MA80.04 | 4 | Furar Tubo fe Ø 28x1,5x2000mm | 2 | Unid. | 84 |
| 15.MA80.04 | 5 | Tubo fe Ø 28x1,5mm c/ 2000mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.07 | 6 | Tubo fe Ø 28x1,5mm | 2,000 | Mtr | |
| 14.MA80.05 | 4 | Furar Tubo fe Ø25x1,5x150mm | 4 | Unid. | 84 |
| 15.MA80.05 | 5 | Tubo fe Ø 25x1,5mm c/ 150mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.05 | 6 | Tubo fe Ø 25x1,5mm | 0,150 | Mtr | |
| 14.MA70.006 | 4 | Corte Barra fe 30x5mm c/ 35mm (Balancé) | 1 | Unid. | 84 |
| 01.3.003.01 | 6 | Barra fe 30x5mm | 0,039 | Kg | |
| 15.MA60.01 | 4 | Varão fe Ø 10mm c/ 535mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.2.005.01 | 5 | Varão fe Ø 10mm | 0,330 | Kg | |
| 12.MA.002 | 2 | Pintura Estutura Cabeceira | 1 | Unid. | 87 |
| 13.MA.002 | 3 | Soldadura Estutura Cabeceira | 1 | Unid. | 85 |
| 14.MA80.02 | 4 | Curvar Tubo fe Ø 25x1,5x1175mm | 1 | Unid. | 83 |
| 15.MA80.02 | 5 | Tubo fe Ø 25x1,5mm c/ 1175mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.05 | 6 | Tubo fe Ø 25x1,5mm | 1,175 | Mtr | |
| 14.MA70.01 | 4 | Curvar Barra fe 25x5x475mm | 1 | Unid. | 83 |
| 14.MA70.01.1 | 5 | Furar/Corte Barra fe 25x5mm c/ 475mm (Balancé) | 1 | Unid. | 84 |
| 01.3.002.02 | 6 | Barra fe 25x5mm | 0,475 | Kg | |
| 14.MA70.001 | 4 | Furar/Corte Barra fe 20x3mm c/ 35mm (Balancé) | 2 | Unid. | 84 |
| 01.3.007.01 | 5 | Barra fe 20x3mm | 0,055 | Kg | |
| 14.MA70.05 | 4 | Furar/Corte Barra fe 25x3mm c/ 75mm (Balancé) | 2 | Unid. | 84 |
| 01.3.007.04 | 5 | Barra fe 25x3mm | 0,0735 | Kg | |
| 11.CR.1580 | 1 | Montagem Carro para Maca | 1 | Unid. | 89 |
| 03.7.001.25 | 2 | Roda c/ travão 125x30 | 2 | Unid. | |
| 03.7.001.26 | 2 | Roda s/ travão 125x30 | 2 | Unid. | |
| 03.1.007.01 | 2 | Parafuso Cabeça Sextavada M12x35 | 4 | Unid. | |
| 04.1.001.10 | 2 | Rolo de Cartão 1,20 Mtr | 3,600 | Mtr | |
| 12.CR.025 | 2 | Pintura Carro para Maca | 1 | Unid. | 87 |
| 13.CR.025 | 3 | Soldadura Carro para Maca | 1 | Unid. | 85 |
| 13.CR.025.1 | 4 | Soldadura Casquilho c/ Tubo (Sold p/ pontos) | 1 | Unid. | 81 |
| 03.7.010.10 | 5 | Casquilho M12 Ø 25x10 | 4 | Unid. | |
| 14.CR80.51 | 5 | Torno/Meia-Cana Tubo fe Ø 28x1,5x450mm | 4 | Unid. | 86 |
| 15.CR80.51 | 6 | Tubo fe Ø 28x1,5mm c/ 450mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.07 | 7 | Tubo fe Ø 28x1,5mm | 0,450 | Mtr | |
| 14.CR80.50 | 4 | Curvar Tubo fe Ø28x1,5x1350mm | 2 | Unid. | 83 |
| 15.CR80.05 | 5 | Tubo fe Ø 28x1,5mm c/ 1350mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.07 | 6 | Tubo fe Ø 28x1,5mm | 1,350 | Mtr | |
| 15.CR80.52 | 4 | Tubo fe Ø 20x1,5mm c/ 542mm | 4 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.02 | 5 | Tubo fe Ø 20x1,5mm | 0,542 | Mtr | |
| 15.CR80.53 | 4 | Tubo fe Ø 20x1,5mm c/ 888mm | 1 | Unid. | 82 |
| 01.1.003.02 | 5 | Tubo fe Ø 20x1,5mm | 0,888 | Mtr | |
| 15.CR40.03 | 4 | Cantoneira 35x5mm c/ 30mm | 4 | Unid. | 82 |
| 01.7.001.01 | 5 | Cantoneira 35x5mm | 0,0775 | Kg | |

Figura 4.8 – Estrutura da Maca Completa.
Fonte: Próprio Autor

A realização das gamas operatórias é um trabalho importante que nos transmite um conjunto de informações relevantes ao nível dos tempos de cada tarefa e indica-nos ainda, em que máquinas são processadas essas tarefas. Pode-se visualizar a gama operatória da Maca Completa nas figuras 4.9 e 4.10 (Nota: os lotes e os tempos correspondem a dez macas completas):

<

Figura 4.9 – Gama operatória da Maca Completa.
Fonte: Próprio Autor

| |
|--------------------------|
| Gamas Operatórias |
|--------------------------|

| |
|-----------------------------|
| 1710 – MACA COMPLETA |
|-----------------------------|

| | | |
|------------|-----------------------|---------------------------|
| MigMag/Tig | SOLDADURA (13) | Máq.Coluna Giroscópica |
|------------|-----------------------|---------------------------|

| Máquina | CÓDIGO | DESIGNAÇÃO | Dimensões | Tempo (minutos) | Lote |
|---------|-------------|-------------------------------|-----------|--------------------|------|
| MSM11 | 13.CR.025.1 | Soldadura Casquilhos c/ Tubo | | 81'83 | 10 |
| MSM11 | 13.CR.025 | Soldadura Carro p/ Maca | | 180'44 | 10 |
| MSM11 | 13.MA.002 | Soldadura Estrutura Cabeceira | | 57'14 | 10 |
| MSM11 | 13.MA.001 | Soldadura Estrutura Maca | | 168'35 | 10 |
| | | | | | |

Operadores: Paulo Ruela

Data: 17/01/2008

| | |
|--------------------|--|
| Observações | |
|--------------------|--|

| | | |
|-------|---------------------|----------|
| Carga | PINTURA (12) | Descarga |
|-------|---------------------|----------|

| Máquina | CÓDIGO | DESIGNAÇÃO | Dimensões | Tempo (minutos) | Lote |
|---------|-----------|---------------------|-----------|--------------------|------|
| LNP01 | 12.CR.025 | Carro p/ Maca | | 12'27 | 10 |
| LNP01 | 12.MA.002 | Estrutura Cabeceira | | 4'09 | 10 |
| LNP01 | 12.MA.001 | Estrutura Maca | | 11'49 | 10 |
| LNP01 | 12.MA.003 | Cremalheira | | 4'20 | 10 |
| | | | | | |

Operadores: Hector Silva, Alexandre Oliveira, João Pereira

Data: 17/01/2008

| | |
|--------------------|--|
| Observações | |
|--------------------|--|

| | | |
|----------|-------------------------|-----------|
| Montagem | ACABAMENTOS (11) | Embalagem |
|----------|-------------------------|-----------|

| Máquina | CÓDIGO | DESIGNAÇÃO | Dimensões | Tempo (minutos) | Lote |
|---------|------------|--------------------------|-----------|--------------------|------|
| | 11.CR.1580 | Montagem Carro p/ Maca | | 17'31 | 10 |
| | 11.MA.1700 | Montagem Maca (só leito) | | 88'58 | 10 |
| | | | | | |

Operadores: Pedro Pereira

Data: 17/01/2008

| | |
|--------------------|--|
| Observações | |
|--------------------|--|

Figura 4.10 – Gama operatória da Maca Completa cont.
Fonte: Próprio Autor

As estruturas de produtos e as gamas operatórias têm de ser constantemente revistas e actualizadas. De facto a aquisição de uma nova

máquina ou ferramenta, ou ainda, uma mudança no processo produtivo da empresa originam que os dados, até aí obtidos, já não sejam totalmente válidos. Em muitas empresas existe uma pessoa responsável pela actualização das estruturas de produtos e das respectivas gamas operatórias; o mesmo se passará na JMS.

Paralelamente a todo este trabalho, a Direcção pediu ao departamento de produção, que realizasse os custeios dos produtos da empresa. Para tal foi criado, com a ajuda de um consultor externo, um ficheiro em Excel (custeio) constituído por quatro folhas:

1. Outros Encargos;
2. Matéria-Prima;
3. Componentes & Subsidiários;
4. Lista de Peças.

O departamento de compras da empresa colaborou na realização destes custeios, nomeadamente ao fornecer os preços das matérias-primas e dos subsidiários. No Anexo 1 pode-se visualizar as folhas que constituem o custeio do produto utilizado até agora como exemplo, a Maca Completa.

4.6 Outras fases

4.6.1 Fase de implementação

Na fase de implementação procura-se seguir as orientações do projecto, definidas na fase inicial, fazer ajustes e correcções sempre que necessário. É nesta fase que se irá escolher o *software*, introduzir os dados obtidos na fase inicial e testar o sistema.

O método de escolha do *software* para a JMS seguirá as seguintes etapas:

1. Começar por uma pesquisa documental em revistas, manuais especializados e solicitar informações técnicas aos diversos fabricantes;

2. Obter referências de empresas que já utilizam um *software* similar. Pode-se conseguir informações e avisos preciosos relativamente ao funcionamento dos diversos produtos disponíveis;
3. Estabelecer um caderno de encargos preciso a remeter aos fornecedores para elaboração das suas propostas;
4. Solicitar aos fornecedores candidatos uma demonstração prévia com o objectivo de fazer uma primeira selecção das propostas que forem apresentadas;
5. Fazer uma primeira selecção para chegar a 3 ou 4 candidatos antes de aprofundar uma escolha definitiva.

Durante o processo de escolha do *software* é necessário transmitir aos fornecedores as políticas da empresa e a sua realidade para que o *software* se adequue o mais possível às necessidades da empresa.

A introdução de dados é um processo demorado e complicado. Os erros cometidos na introdução dos dados podem ter consequências muito graves. Códigos mal introduzidos, quantidades erradas ou tipo de equipamento mal identificados são erros que podem e irão de certeza acontecer. No procedimento de introdução de dados é exigido que, após a introdução de cada estrutura de produto ou gama operatória, se faça uma verificação de modo a confirmar se está tudo correcto ou não. O fornecedor do *software* terá de se comprometer em dar formação ao chefe do projecto e aos elementos da equipa MRP responsáveis por essa tarefa.

É igualmente nesta fase que se testará o sistema. Os problemas e os erros aparecerão podendo originar um clima de desconfiança e hostilidade quanto a fiabilidade do sistema. Essa situação é claramente indesejável, sendo que todas as etapas precedentes têm de ser realizadas com rigor.

4.6.2 Fase de execução

Na fase de execução generaliza-se o sistema a toda a empresa, avalia-se o seu desempenho e procede-se a formação de todos os operadores da empresa.

A formação de todos os operadores é um processo complicado. Na JMS todos os operadores têm um grau de escolaridade baixo, o que torna a tarefa mais difícil ainda. Irão ser criadas folhas de procedimento que se colocarão junto de cada terminal e em cada posto de trabalho para que cada um se torne o mais autónomo possível. O acompanhamento diário junto dos operadores é muito importante para que se familiarizem o mais rápido possível com o sistema.

É importante dar tempo às pessoas e à organização para que se adapte e se inteire do funcionamento do sistema e da tecnologia implementada. Dado o investimento que um sistema desses envolve, associado ao risco que representa, será necessário realizar a avaliação do sucesso do sistema. Esta avaliação deverá ser feita o mais formal e quantitativa possível.

5. Conclusões

A partir da revisão bibliográfica e do estudo de caso, pode-se chegar a algumas conclusões a respeito do processo de implementação e utilização do sistema MRP como ferramenta de planeamento e controlo de produção.

A concretização de um projecto como este não é uma tarefa simples. Trata-se de um projecto de grande dimensão e importância para qualquer empresa nomeadamente na JMS. É essencial lembrar que o projecto ainda se encontra no final da fase inicial e que resta ainda um longo percurso até a conclusão do projecto. O sucesso da implementação de um MRP depende muito do empenho e envolvimento da gestão de topo e da motivação do todo o pessoal da empresa que deverá compreender o verdadeiro interesse do projecto e o seu papel no mesmo. O projecto implica mudanças nos métodos de trabalho das diversas áreas da empresa e apenas a formação/informação de todo o pessoal fará com que o sistema funcione eficazmente e tenha um bom desempenho.

Outra questão a ser salientada é a escolha e aquisição do *software*. O primeiro passo é determinar e definir correctamente o que se pretende do sistema (trabalho realizado na fase inicial) e só depois procurar a solução mais adequada às necessidades e possibilidades da empresa. A lógica de funcionamento do *software*, o tempo de assistência e acompanhamento previsto durante e após a implementação e o preço desse são alguns factores importantes a considerar aquando a aquisição do *software*.

Finalmente, é necessário deixar claro que o sistema MRP é apenas uma ferramenta que auxilia o desenvolvimento de tarefas, mais concretamente o planeamento das necessidades de material. O sistema MRP não toma decisões, apenas gera informações que devem ser analisadas para planear as necessidades de material.

Referências Bibliográficas

APICS www.apics.org, site visitado em Fevereiro de 2008

APICS Dictionary, 7ª edição, 1995.

CALLERMAN, T. E., HEYL, J. E., (1986), *A model for Material Requirements Planning Implementation*. International Journal of Operations & Production Management.

CASTRO, R. L., (2005), *Planejamento e controle da produção e estoques: um survey com fornecedores da cadeia automobilística*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP.

CHASE, R. B., JACOBS, F. R. e AQUILANO, N. J., (2004), *Operations management for competitive advantage (10th edition)*. New York: McGraw-Hill.

CHASE, R. B., AQUILANO, N. J., (1997), *Gestão da Produção e das Operações – Perspectiva do Ciclo de Vida*. Lisboa: Monitor.

CORRÊA, H. L., GIANESI, I. N. e CAON, M., (1997), *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. São Paulo: Atlas S.A.

JURANDIR P., GRAEML A. R., (2007), *Administração da Produção*. Curitiba: UnicenP.

LAURINDO F. J. B., MESQUITA M. A., (2000), *Gestão & Produção*. São Paulo: USP.

ORLICKY, J., (1975), *Material requirements planning*. New York: McGraw-Hill.

PETRONI, A., (2002), *Critical factors of MRP implementation in small and medium-sized firms*. International Journal of Operations & Production Management.

PINTO, J. P., (2006), *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel.

PIRES, L. C., (2004), *Desenvolvimento de um sistema de planeamento e controlo de produção para empresas distribuídas virtuais*. Tese de Mestrado. Guimarães.

ROLDÃO, V. S., (1995), *Planeamento e Programação da Produção*. Lisboa: Monitor.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R., (1997), *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas S.A.

SLACK, N., (1993), *Vantagem Competitiva em Manufatura*. São Paulo: Atlas S.A.

STEVENSON, W. J., (2007), *Operations Managements (9th edition)*. New York: McGraw-Hill.

TUBINO, D. F., (1997), *Manual de Planeamento e Controlo da Produção*. São Paulo: Atlas S.A.

VOLLMAN, T. E., BERRY, W. L., WHYBARK, D. C., (1997), *Manufacturing Planning and Control Systems (4th edition)*. New York: McGraw-Hill.

Anexo 1

| Outros Encargos | | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------|-------------|---------------------------|-----------------------|---|--------|---|
| Produto | | 1710 - MACA COMPLETA | | | | | | | |
| | | TOTAL | | | | | | | |
| | | OUTROS ENCARGOS | | | | | | | |
| OUTROS ENCARGOS | | Data | 22-01-2008 | | 56,50 | | | | |
| | | | | [h] | [min] | | | | |
| MÃO DE OBRA | | Custo de Mão de Obra - Produção : | | 6,50 | 0,11 | | | | |
| | | Tempo [s] | Quant. [Hm] | Custo Total | HHm | | | | |
| CORTE | | 753 | 1 | 1,36 | | | | | |
| MAQ DOBRAR | | 334,5 | 1 | 0,60 | | | | | |
| FURAÇÃO | | 340,2 | 1 | 0,61 | | | | | |
| BALANCE | | 225,9 | 1 | 0,41 | | | | | |
| TORNO | | 572,4 | 1 | 1,03 | | | | | |
| QUINADEIRA | | 0 | 1 | 0,00 | | | | | |
| GUILHOTINA | | 0 | 2 | 0,00 | | | | | |
| PUNÇONADORA | | 0 | 1 | 0,00 | | | | | |
| SOLDA MIG/MAG TIG | | 2435,6 | 1 | 4,40 | | | | | |
| SOLDADURA PONTOS | | 491 | 1 | 0,89 | | | | | |
| POLIMENTO | | 0 | 1 | 0,00 | | | | | |
| PINTURA (Carga+Descarga) | | 192,3 | 1 | 0,35 | | | | | |
| MONTAGEM/EMBALAGEM | | 815,4 | 2 | 2,94 | | | | | |
| Total [min-Hm] | | 116 | min | 11,24 | € | | | | |
| PINTURA | | | | | | | | | |
| Área a cobrir | | 1,36 | m2 | | Preço pó / kg | 2,79 | € | | |
| Necessidade de pó | | 0,209 | kg | | Custo Total Pó | 0,58 | € | | |
| Operadores | | 6 | | | Custos HHm | 0,98 | € | | |
| Tempo de ocupação | | 1,50 | min | | Custos Totais | 1,56 | € | | |
| | | 60s --> 1m | | | | | | | |
| ENCARGOS GERAIS DE FABRICO | | Coeficiente sobre o consumo de matéria prima : | | 0,16 | | | | | |
| Energia, Manutenção | | | | | | | | | |
| Equipamento diverso & ferramentas ligeiras | | Custos Gerais de Fabrico | | 8,13 € | | | | | |
| Fluidos Industriais e consumíveis | | | | | | | | | |
| Amortização Máquinas & Ferramentas espec. | | | | | | | | | |
| Amortização Edifícios Industriais | | | | | | | | | |
| CUSTOS DE FUNCIONAMENTO | | Coeficiente sobre o consumo de matéria prima : | | 0,70 | | | | | |
| Pessoal de Apoio e Direcção | | | | | | | | | |
| Transporte, Expedição & APA | | Custos Gerais de Funcionamento | | 35,58 € | | | | | |
| Amortização Edifício Admin. | | | | | | | | | |
| Outros Custos | | | | | | | | | |
| VALOR ORÇAMENTADO | | | | | | | | | |
| CUSTOS DE MATÉRIA PRIMA | | 10,20 | | 0,00 | Chapa | | | | |
| | | | | 10,20 | Tubo | | | | |
| CUSTOS DE SUBSIDIÁRIOS | | 40,04 | | | | | | | |
| OUTROS ENCARGOS | | 56,50 | | 12,21 | Mão de Obra Total | | | | |
| | | | | 0,58 | Epoxy (sem energia e M.O) | | | | |
| | | | | 8,13 | Custos Gerais de Fabrico | | | | |
| | | | | 35,58 | Custos de Funcionamento | | | | |
| Total Custo Industrial | | 106,74 | € | | | | | | |
| Margem Comercial | | 40% | | 42,70 | € | Total Custo Comercial | | 149,44 | € |
| | | Preço de Venda | | | | | | | |
| | | 29.999,48 Esc | | | | | | | |
| 59.918,96 Esc.(0,50) | | | | | | | | | |
| 298,87 -€ 0,50 | | | | | | | | | |

Figura A.1 – Folha “Outros Encargos” do custeio da Maca Completa.

Fonte: Próprio Autor

| Matéria-Prima | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|-----------------|------|-----|-----------------|---------------------|---------------|----------|-------|
| Produto | | 1710 - MACA COMPLETA | | | | | | TOTAL MATÉRIA PRIMA | | | |
| | | Data 22-Jan-08 | | | | | | 10,20 | | | |
| CHAPA | | Custo Chapa | | | | | | 0,00 € | | | |
| Peça Simples | Quant. | Área m2 | Área Pintar | Desenvolvimento | | | Peso [kg] | | Custo Por kg | Custo | |
| | | | | Comp | Larg | Esp | Unitário | Total | | Unitário | Total |
| | | 0,000 | 0,000 | | | | 0,000 | 0,000 | | 0,00 | 0,00 |
| | | 0,000 | 0,000 | | | | 0,000 | 0,000 | | 0,00 | 0,00 |
| | | 0,000 | 0,000 | | | | 0,000 | 0,000 | | 0,00 | 0,00 |
| | | 0,000 | 0,000 | | | | 0,000 | 0,000 | | 0,00 | 0,00 |
| Área Total Chapa | | 0,000 | Desperdício de Chapa | | | 9% | 0,00 | kg | | | |
| TUBO | | Custo Tubo | | | | | | 10,20 € | | | |
| Peça Simples | Quant. | Área m2 | Total Área | Desenvolvimento | | | Comprimento [m] | | Custo Por [m] | Custo | |
| | | | | Material | | | Unitário | Total | | Unitário | Total |
| Tubo fe | 4 | 0,040 | 0,158 | Ø 28x1,5x450 | | | 0,450 | 1,80 | 0,69 € | 0,31 | 1,24 |
| Tubo fe | 2 | 0,119 | 0,238 | Ø 28x1,5x1350 | | | 1,350 | 2,70 | 0,69 € | 0,93 | 1,86 |
| Tubo fe | 4 | 0,034 | 0,136 | Ø 20x1,5x542 | | | 0,542 | 2,17 | 0,47 € | 0,25 | 1,02 |
| Tubo fe | 1 | 0,056 | 0,056 | Ø 20x1,5x888 | | | 0,888 | 0,89 | 0,47 € | 0,42 | 0,42 |
| Tubo fe | 1 | 0,063 | 0,063 | Ø 25x1,5x800 | | | 0,800 | 0,80 | 0,59 € | 0,47 | 0,47 |
| Tubo fe | 2 | 0,048 | 0,096 | Ø 28x1,5x548 | | | 0,548 | 1,10 | 0,69 € | 0,38 | 0,76 |
| Tubo fe | 2 | 0,176 | 0,352 | Ø 28x1,5x2000 | | | 2,000 | 4,00 | 0,69 € | 1,38 | 2,76 |
| Tubo fe | 4 | 0,012 | 0,047 | Ø 25x1,5x150 | | | 0,150 | 0,60 | 0,59 € | 0,09 | 0,35 |
| Tubo fe | 4 | 0,011 | 0,044 | Ø 20x1,5x175 | | | 0,175 | 0,70 | 0,47 € | 0,08 | 0,33 |
| Tubo fe | 1 | 0,092 | 0,092 | Ø 25x1,5x1175 | | | 1,175 | 1,18 | 0,59 € | 0,69 | 0,69 |
| Área Total Tubo | | 1,28 | Desperdício de Tubo | | | 3% | 16,40 | kg | | | |

Figura A.2 – Folha "Matéria-Prima" do custeio da Maca Completa

Fonte: Próprio Autor

| Componentes & Subsidiários | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|--------|-----------------------------|----------------------|-------------|----------|-------|
| | | | Produto | 1710 - MACA COMPLETA | | | |
| SUBSIDIÁRIOS | | | | | | | |
| DIVERSOS | | | | | Custo Total | 40,04 | |
| Descrição | Área Total (p/ pintar) | Quant. | Desenvolvimento Material | Custo | | Unitário | Total |
| | | | | | | | |
| Cantoneira | 0,0042 | 0,308 | 35x35x5x30 | 0,595 | | 0,18 | |
| Barra fe | 0,00245 | 0,039 | 30x5x35 | 0,58 | | 0,02 | |
| Barra fe | 0,00161 | 0,11 | 20x3x35 | 0,59 | | 0,06 | |
| Barra fe | 0,0285 | 0,465 | 25x5x475 | 0,585 | | 0,27 | |
| Barra fe | 0,0084 | 0,147 | 25x3x75 | 0,58 | | 0,09 | |
| Barra fe | 0,012925 | 0,235 | 25x5x235 | 0,585 | | 0,14 | |
| Varão fe | 0,0168075 | 0,33 | Ø10x535 | 0,82 | | 0,27 | |
| Casquilho | | 4 | 25x10 M12 | 0,23 | | 0,92 | |
| Roda c/ Travão | | 2 | 125x30 | 4,53 | | 9,06 | |
| Roda s/ Travão | | 2 | 125x30 | 3,05 | | 6,10 | |
| Parafuso Cabeça Sextavada | | 4 | M12x35 | 0,046 | | 0,18 | |
| Porca c/ Freio | | 2 | M8 | 0,00425 | | 0,01 | |
| Parafuso Cabeça Red. c/ Fenda | | 1 | M5x30 | 0,0075 | | 0,01 | |
| Parafuso Cabeça Sextavada | | 2 | M8x25 | 0,01397 | | 0,03 | |
| Porca c/ Freio | | 1 | M5 | 0,005 | | 0,01 | |
| Anilha zincada | | 4 | M8-16 | 0,00205 | | 0,01 | |
| Punho Macas | | 4 | | 0,16 | | 0,64 | |
| Taco borracha | | 4 | Ø20 | 0,02 | | 0,08 | |
| Lona e fios p/ Macas | | 1 | | 19 | | 19,00 | |
| Cartão | | 3,60 | 1200x400 | 0,40 | | 1,44 | |
| Cartão | | 2,4 | 2200x2400 | 0,40 | | 0,96 | |
| Cartão | | 1,40 | 1000x700 | 0,40 | | 0,56 | |
| | | | | | | 0,00 | |
| Área Total a Pintar - Subsidiários | | 0,075 | | | | | |

Figura A.3 – Folha "Componentes & Subsidiários" do custeio da Maca Completa.
Fonte: Próprio Autor

| Lista de Peças | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|------------|-----------------|----------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|------|--|
| Produto: 1710 - MACA COMPLETA | | | | Standard | | X | | | | | | | | | | | | | | OBS. | |
| | | | | Especial | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantidade | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Código MP/Subsd. | Designação | Material | Desenvolvimento | Preço Unitário | Quant. | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | | | | |
| | Carro p/ Maca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.1.003.07 | | Tubo fe | Ø 28x1,5x450 | 0,69 €/mt | 4 | | | | X | X | | | X | X | X | | X | | | | |
| 01.1.003.07 | | Tubo fe | Ø 28x1,5x1350 | 0,69 €/mt | 2 | | | | | X | X | | X | | X | | X | | | | |
| 01.1.003.02 | | Tubo fe | Ø 20x1,5x542 | 0,47 €/mt | 4 | | | | | X | | | X | | X | | X | | | | |
| 01.1.003.02 | | Tubo fe | Ø 20x1,5x888 | 0,47 €/mt | 1 | | | | | X | | | X | | X | | X | | | | |
| 01.7.001.01 | | Cantoneira | 35x35x5x30 | 0,595 €/kq | 4 | | | | | X | | | X | | X | | X | | | | |
| 03.7.010.10 | Casquilho | | 25x10 M12 | 0,23 €/un | 4 | | | | X | | | | X | | X | | X | | | | |
| 03.7.001.25 | Roda c/ Travão | | 125x30 | 4,53 €/un | 2 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.7.001.26 | Roda s/ Travão | | 125x30 | 3,05 €/un | 2 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.1.007.01 | Parafuso Cabeça Sextavada | Zn | M12x35 | 0,046 €/un | 4 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 04.1.001.10 | Cartão (Carro) | | 1200x400 | | 9 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| | Maca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01.1.003.05 | | Tubo fe | Ø 25x1,5x800 | 0,59 €/mt | 1 | | | | | X | X | | X | X | X | | X | | | | |
| 01.1.003.07 | | Tubo fe | Ø 28x1,5x548 | 0,69 €/mt | 2 | | | | | X | | | X | X | X | | X | | | | |
| 01.1.003.07 | | Tubo fe | Ø 28x1,5x2000 | 0,69 €/mt | 2 | | | | | X | | X | X | | X | | X | | | | |
| 01.1.003.05 | | Tubo fe | Ø 25x1,5x150 | 0,59 €/mt | 4 | | | | | X | | | X | X | X | | X | | | | |
| 01.1.003.02 | | Tubo fe | Ø 20x1,5x175 | 0,47 €/mt | 4 | | | | | X | | | X | | X | | X | | | | |
| 01.1.003.05 | | Tubo fe | Ø 25x1,5x1175 | 0,59 €/mt | 1 | | | | | X | X | | X | | X | | X | | | | |
| 01.3.003.01 | | Barra fe | 30x5x35 | 0,58 €/kg | 1 | | | | | | | | X | X | | X | X | | | | |
| 01.3.007.01 | | Barra fe | 20x3x35 | 0,59 €/kg | 2 | | | | | | | | X | X | | X | X | | | | |
| 01.3.002.02 | | Barra fe | 25x5x475 | 0,585 €/kg | 1 | | | | | | | X | X | X | | X | X | | | | |
| 01.3.007.04 | | Barra fe | 25x3x75 | 0,58 €/kg | 2 | | | | | | | | X | X | | X | X | | | | |
| 01.3.002.02 | | Barra fe | 25x5x235 | 0,585 €/kg | 1 | | | | | | | | X | | | X | X | | | | |
| 01.2.005.01 | | Varão fe | Ø 10x535 | 0,82 €/kg | 1 | | | | | X | | | | X | | X | X | | | | |
| 03.1.010.01 | Femea c/ freio | Aço | M8 | 0,00425 €/un | 2 | | | | | | | | | X | | X | X | | | | |
| 03.1.003.01 | Parafuso Cabeça Red. c/ Fenda | | M5x30 | 0,0075 €/un | 1 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.1.005.10 | Parafuso Cabeça Sextavada | Zn | M8x25 | 0,01397 €/un | 2 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.1.008.02 | Femea c/ Freio | Aço | M5 | 0,005 €/un | 1 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.1.014.05 | Anilha | Zn | M8-16 | 0,00205 €/un | 4 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.6.001.02 | Punho | Borracha | | 0,16 €/un | 4 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.6.007.20 | Taco | Borracha | Ø 20 | 0,02 €/un | 4 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 03.6.013.02 | Lona e fios p/ Macas | | | 19 €/un | 1 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 04.1.001.12 | Cartão (Maca) | | 2200x2400 | | 1 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 04.1.001.11 | Cartão (Maca) | | 1000x700 | | 2 | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Legenda: 78 - Guilhotina; 79 - Puncionadora; 80 - Quinadeira; 81 - Soldadura p/ Pontos; 82 - Serrotes; 83 - Máq. Dobrar; 84 - Balancé/Maq. Furar; 85 - Soldadura MigMag/Tig; 86 - Torno; 87 - Pintura; 88 - Polimento; e, 89 - Montagem/Embalagem. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura A.4 – Folha "Lista de Peças" do custeio da Maca Completa.
Fonte: Próprio Autor